



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

ESCUELA DE POSGRADO

Características de calidad e incidencia de enfermedades en 24 genotipos de
Coffea arabica bajo tres condiciones agroecológicas de Panamá

por

Fernando Calle Triguero

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado
como requisito para optar por el grado de

Magister Scientiae en Agricultura Ecológica

Turrialba, Costa Rica, 2012

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE EN AGRICULTURA ECOLÓGICA

FIRMANTES:



Reinhold Muschler, Ph.D.
Consejero Principal



Jacques Avelino, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



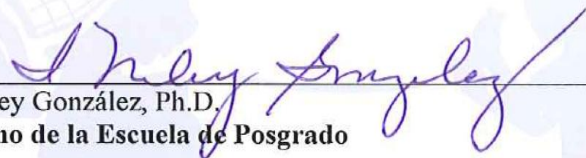
Fernando Casanoves, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Carlos Astorga, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



José O. Rivera, M.Sc.
Coordinador, Especialización en Práctica para el Desarrollo



I. Miley González, Ph.D.
Decano de la Escuela de Posgrado



Fernando Calle Triguero
Candidato

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso, por ser la fuente de iluminacion y soporte en mi vida en todo momento.

A mis padres (Benigno y Eduarda), por brindarme su apoyo incondicional durante mi formación profesional.

A mis hermanos (Lázaro, Gonzalo, Norberto) y hermanas (Nohora y Jhaneth) por brindarme su apoyo moral y comprensión.

A mi pueblo querido que me vio nacer, donde estudie y a pesar de la pobreza he pasado los momentos más lindos de mi vida Caranavi.

AGRADECIMIENTOS

Ante todo agradezco a Dios todopoderoso, por permitirme realizar mis estudios de Maestría en el CATIE.

A mi consejero principal Dr. Reinhold Muschler, por su orientación durante todas las etapas de la tesis, también por su amistad y por sus sabios consejos.

A los miembros de mi comité consejero, M.Sc. Carlos Astorga, Dr. Fernando Casanoves y Dr. Jacques Avelino, por brindarme todo el apoyo durante las diferentes etapas de mi investigación.

Al Sr. Price y Sra. Susan por brindarme su empresa para realizar mi investigación, también por su apoyo moral y económico que me ayudo cubrir los costo de la maestría, se les agradece infinitamente por toda la confianza depositada!!

A los catadores de café, Raquel, Daniel, Jeff Taylor, Maritza, gracias por toda la paciencia para evaluar las muestras de café.

A todos los empleados de la Hacienda la Esmeralda Abel, Venancio, Poldo, Venedo, Cianca y Alejandro, muchas gracias por su colaboración en el proceso de beneficiado de las muestras.

A todos los docentes de CATIE por compartir sus experiencias y conocimientos tanto en el aula como en las giras de campo.

A mis compañeros de estudio, por esos momentos inolvidables durante los dos años en CATIE, se les recuerda siempre.

CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
CONTENIDO	V
RESUMEN	VIII
SUMMARY	IX
ÍNDICE DE CUADROS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS.....	XIII
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	1
1.3 Objetivos del estudio	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
1.4 Hipótesis del estudio	2
1.5 Preguntas de investigación.....	3
2 MARCO CONCEPTUAL	4
2.1 Origen y dispersión del café Arábigo	4
2.2 Recursos genéticos del café	5
2.3 Principales variedades de América Central	5
2.4 Cafés silvestres y semi-silvestres.....	8
2.5 La colección de café del CATIE.....	8
2.6 La roya del café.....	9
2.7 Ojo de gallo del café	10
2.8 Calidad del café	11
2.8.1 <i>Características físicas</i>	11
2.8.2 <i>Características organolépticas</i>	11
2.8.2.1 Fragancia	12
2.8.2.2 Aroma.....	12
2.8.2.3 Sabor.....	12
2.8.2.4 Acidez.....	12
2.8.2.5 Cuerpo	12

	2.8.2.6	Resabio	12
	2.8.2.7	Balance	13
2.9		Factores biofísicos	13
	2.9.1	<i>Clima</i>	13
	2.9.2	<i>Suelo</i>	13
3		MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1		Descripción del área.....	15
	3.1.1	<i>Ubicación del área de estudio</i>	15
	3.1.2	<i>Suelos y clima</i>	16
3.2		Selección de variedades	17
	3.2.1	<i>Descripción de las plantaciones de café</i>	18
	3.2.2	<i>Caracterización de vigor de las parcelas experimentales y recolección de cerezas</i>	19
	3.2.3	<i>Beneficiado de las muestras</i>	21
3.3		Análisis del café.....	23
	3.3.1	<i>Calidad física</i>	23
	3.3.2	<i>Calidad organoléptica</i>	23
	3.3.3	<i>Tostado y molido</i>	24
	3.3.4	<i>Formulario de catación</i>	24
	3.3.5	<i>Catación</i>	24
3.4		Enfermedades foliares.....	25
	3.4.1	<i>Evaluación de la roya y ojo de gallo</i>	25
3.5		Análisis estadístico	25
	3.5.1	<i>Influencia de la altitud y genotipo sobre la calidad del café</i>	25
	3.5.2	<i>Incidencia de la roya</i>	26
	3.5.3	<i>Incidencia del ojo de gallo</i>	27
	3.5.4	<i>Granulometría</i>	27
4		RESULTADOS	29

4.1	Factores asociados con la calidad del café.....	29
4.1.1	<i>Calidad organoléptica</i>	29
4.2	Asociación de la calidad física con respecto a la calidad organoléptica	33
4.2.1	<i>Características físicas de los granos</i>	33
4.2.2	<i>Asociación entre las características físicas y la calidad organoléptica</i>	37
4.2.3	<i>Incidencia de la roya (H. vastatrix) en los diferentes genotipos</i>	39
4.2.4	<i>Incidencia del ojo de gallo (M. citricolor) en diferentes genotipos y regiones.</i> ..	41
4.3	Genotipos cercanos al Geisha según el dendograma de distancias genéticas.....	43
5	DISCUSIÓN	44
5.1	Calidad en función de altitud y genotipo	44
5.2	Influencia de la calidad física sobre la calidad organoléptica	45
5.3	Respuestas de los genotipos al ataque de roya y ojo de gallo.....	46
5.4	Limitantes del estudio	48
6	CONCLUSIONES	49
7	RECOMENDACIONES.....	50
8	BIBLIOGRAFÍA	51
	ANEXOS	58

RESUMEN

La calidad del café es el resultado del efecto de múltiples factores genéticos y no genéticos como la altitud, pluviometría, acidez del suelo, sombra, productividad, así como el manejo antes y después de la cosecha. Por otro lado la roya anaranjada (*Hemileia vastatrix*) y el ojo de gallo (*Mycena citricolor*) son dos de las enfermedades más comunes en este cultivo y su desarrollo depende tanto de la genética como de la productividad y de factores ambientales. El objetivo del presente estudio fue estudiar las características de calidad y la incidencia de roya y ojo de gallo en 24 genotipos de café (*Coffea arabica*) bajo tres condiciones ambientales en Panamá. Estos genotipos fueron seleccionados de la colección de café del CATIE; en su mayoría son materiales silvestres y no se conoce mucho de sus características de calidad y su susceptibilidad a enfermedades. Para el estudio, se utilizó el genotipo Geisha como patrón de comparación en las parcelas con mayor altitud y el Catuai a menor altitud. Los resultados no revelaron un patrón consistente de variación con el ambiente para todos los genotipos, sino había una interacción significativa entre genotipo y ambiente. En particular, los genotipos Geisha, E12, E4 mejoraron su calidad a mayor altitud, en contraste con los genotipos E6 y E5 que mostraron una asociación negativa a mayor altitud. Las diferencias entre los genotipos mostraron que el genotipo es un factor clave para las características de calidad. Con respecto a la incidencia de enfermedades, se encontraron seis genotipos E33, E18, E31, E16, E15 y E27 con incidencias inferiores a un 12% de roya anaranjada y seis genotipos E6, E10, E12, E18 E16 y E26 con incidencias inferiores a un 10% de ojo de gallo. Las recomendaciones principales son; estudiar el comportamiento de calidad de los genotipos E5 y E6 en altitudes inferiores a 1000 msnm y bajo diferentes condiciones edáficas y ambientales.

Palabras claves: Calidad física, calidad organoléptica, geisha, genotipo, ojo de gallo *Mycena citricolor*, recursos fitogenéticos, roya anaranjada *Hemileia vastatrix*.

SUMMARY

Coffee quality is the result of multiple genetic and nongenetic factors such as altitude, rainfall, soil acidity, shade and productivity, as well as plant and bean management before and after harvest. Coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*) and the American leaf spot disease “ojo de gallo” (*Mycena citricolor*) are two of the most common diseases of coffee development is influenced both by the genetic makeup, coffee productivity and by environmental factors. The objective of the present investigation was to study the quality characteristics and the incidence of the leaf rust and the American leaf spot diseases in 24 genotypes of coffee (*Coffea arabica*) under three environmental conditions in Panama. These genotypes were selected from the coffee collection at CATIE; most of them are wild materials with little information on their quality characteristics and their susceptibility to the mentioned diseases. The study used the genotype Geisha the standard for the comparisons at the higher elevation sites and Catuai at lower altitudes. The results did not reveal a consistent pattern for all genotypes, as illustrated by the interaction between genotype and environment. The genotype Geisha, E12 and E4 improved their quality at higher elevations, while the contrary was found for the genotypes E6 and E5 which improved at lower elevations. The differences among the genotypes prove that the genotype E33, E18, E31, E16, E15 and E27 with incidence below 12% for leaf rust and six genotypes, E10, E12, E18 E16 and E26 with incidence below 10% for American leaf spot disease. The main recommendations are; to study the behavior of the genotypes as E5 and E6 at altitudes below 1000 m and under different soil and environment conditions.

Keywords: American leaf spot disease, bean quality, genotype, *Hemileia vastatrix*, leaf rust, *Mycena citricolor*, plant genetic resources, sensorial quality

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis de suelo de las tres parcelas experimentales	16
Cuadro 2. Procedencia de los genotipos establecidos en Boquete Panamá.....	17
Cuadro 3. Dimensiones de tamices para determinar el tamaño del grano	23
Cuadro 4. Correlación de Pearson entre la calidad física y los atributos organolépticos. (Los valores en la diagonal inferior izquierda indican los coeficientes de correlación (r) mientras que los valores en la diagonal superior derecha dan las probabilidades).	39
Cuadro 5. Porcentaje de incidencia de (<i>M. citricolor</i>) en los meses julio a octubre de 2011 en los diferentes genotipos de <i>Coffea arabica</i> en las regiones de Palmira, Jaramillo y Barú, Panamá (1154 msnm, 1560msnm, 1605 msnm, respectivamente; Temperatura promedio anual=21.2 °C, Precipitación promedio anual= 3466 mm).Las plantas tenían cinco años de edad y en general una productividad intermedia. Los datos de incidencia fueron transformados como raíz cuadrada del arcoseno de la proporción.....	42
Figura 16. Incidencia de <i>Mycena citricolor</i> con medias repetidas en el tiempo en los meses julio a octubre de 2011, en los diferentes genotipos de <i>Coffea arabica</i> de las regiones de Jaramillo (a), Palmira (b) y Barú, Panamá (1154 msnm, 1560msnm, 1605 msnm, temperatura promedio anual=21.2 °C, precipitación promedio anual= 3466 mm).Las plantas tenían cinco años de edad y en general una productividad intermedia. Los datos de incidencia fueron transformados como raíz cuadrada del arcoseno de la proporción.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de las áreas de estudio.....	15
Figura 2. Dendrograma de accesiones de café determinado mediante la técnica AFLP basadas en distancias genéticas (Anthony et ál. 2002).....	18
Figura 3. Caracterización de las plantas por vigor (la primera planta remarcada de la izquierda indica un vigor 4, la segunda planta vigor 3 y la tercera planta vigor 5).....	20
Figura 4. Caracterización de vigor de las parcelas de Palmira (a), Baru (b) y Jaramillo (c). Los círculos colorados indican los 24 genotipos que se evaluaron en el estudio. El tamaño de los círculos indica el vigor por planta, el círculo más grande indica vigor 5, el círculo mediano vigor 3 y 4 y los círculos pequeños vigor 1 y 2.	21
Figura 5. Los pasos del beneficiado de las muestras de café.....	22
Figura 7. Fragancia, sabor, resabio, acidez y cuerpo para los genotipos Geisha, E12, E16 y E5 en dos localidades. Nótese el comportamiento distinto de diferentes genotipos: valores consistente altos para el Geisha, intermedios para E5, y bajos para E16. En contraste, el genotipo E12 muestra una mejora marcada a mayor altura.	31
Figura 8. Atributos organolépticos para los genotipos E6, E4, E31 y E30 en tres localidades. Nótese que la respuesta de calidad a mayor altura no es consistente para todos los genotipos: para E6 los valores de sabor, resabio y acidez se redujeron a mayor altura; para E4 los cambios no fueron tan consistentes como para E30; los valores de E31 básicamente no variaron con la altura....	32
Figura 9. Atributos organolépticos para la variedad Catuai y los genotipos E5 y E6 en Palmira, el sitio de menor elevación. Nótese que los genotipos E5 y E6 son superiores que el Catuai, una variedad que se cultiva ampliamente en estas elevaciones.....	33
Figura 11. Biplot un análisis de componentes principales, usando como variables los distintos porcentajes de tamaño tamaño T12-T13, T14-T15, T16-T17 y T18-T19 y los granos con defectos, y como casos a los genotipos y localidades (J)= Jaramillo, (P) Palmira y (B) Barú..	35
Figura 12. Porcentaje de los tamaños de granos T12-T14, T15-T17 y T17-T18 de los genotipos en a) Barú b) Jaramillo y c) Palmira. Nótese que el Geisha cambio bastante en las	

regiones de Baru y Jaramillo, regiones con similares alturas, sin embargo los genotipos E5, E6 y E26 se mantuvo consistente en las regiones con una mayor y menor altitud.....	36
Figura 13. Representación gráfica de la asociación del tamaño de grano (c1-c4), con respecto a los atributos de fragancia F (a), sabor S (b), resabio R (c), acidez A (d) y cuerpo C (e). Las calificaciones para cada atributo son: Ex=extraordinario, E= excelente, MB=muy bueno, B=bueno. Nótese que los granos grandes reflejaron con una asociación positiva para todo los atributos.	38
Figura 14. Porcentaje de incidencia de <i>Hemileia vastatrix</i> en los meses de enero a abril de 2011 en los diferentes genotipos de <i>Coffea arabica</i> en la finca Hacienda Esmeralda en Palmira, Panamá (1154 msnm, Temperatura promedio anual de=21.2 °C, Precipitación promedio anual de= 3466 mm).Las plantas tenían cinco años de edad y en general una productividad intermedia.	40
Figura 15. Incidencia de roya (<i>H. vastatrix</i>) en los meses de enero a abril de 2011 en 25 genotipos de genotipos de <i>Coffea arabica</i> en la finca Hacienda Esmeralda, Palmira, Panamá (1154 msnm, Temperatura promedio anua del=21.2 °C, Precipitación promedio anual de= 3466 mm).Notese que los datos de incidencia fueron transformado como raíz cuadrada del arcoseno de la proporción.	41

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

AFLP: Polimorfismo en la longitud de los fragmentos amplificados (siglas en inglés)

ANDEVA: Análisis de la Varianza

CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

CIRAD: Centre de Coopération Internatinal en Recherche Agronomique pour le Développement

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (siglas en inglés)

ICO: Organización Internacional del Café (siglas en inglés)

IICA: Instituto Interamericano de Cooperación de la Agricultura

IPGRI: Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (siglas en inglés)

MIDA: Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Panamá

SCAP: Asociación de Cafés especiales de Panamá (siglas en inglés)

SCAA: Asociación de Cafés Especiales de América (siglas en inglés)

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El cultivo de café es importante en 80 países tropicales y subtropicales en todo el mundo (Ponce 2001; Clay 2004) y es el segundo producto más importante de exportación después de los derivados del petróleo (Lewin et ál. 2004; Saito 2004). Para los países de América Central el café es un producto importante de exportación, el cual contribuyó en 2010 el 10% de la producción mundial (ICO 2011). Según la CEPAL (2002), alrededor de 1.5 millones de personas en América Central dependen directamente de este cultivo.

A nivel mundial más de la tercera parte de la población consume café (Dulloo et ál. 2001) con una tendencia hacia cafés especiales de alta calidad (Bertrand et ál. 1999). Esta preferencia por cafés finos trae consigo considerar características de calidad, productividad, resistencia a plagas y enfermedades (Fischersworing et ál. 2003). Muchas de las variedades cultivadas actualmente provienen de una base genética muy estrecha (Anthony et ál. 1999) a partir de dos poblaciones, Típica y Bourbon, que se introdujeron en las Américas en el siglo XVIII (Astorga 1999).

En América Central se ha trabajado en varios objetivos de selección, con la finalidad de ampliar la base genética del café y seleccionar variedades resistentes a plagas y enfermedades (Bertrand et ál. 1999). Sin embargos, la introgresión de genes de resistencia a la roya del Híbrido de Timor dentro de genotipos de variedades tradicionales ha influido negativamente en la calidad de la bebida. Con el fin de mejorar la calidad se recurrió a genotipos silvestres para generar nuevas recombinaciones de las mejores variedades que resultaron de la introgresión con el Híbrido Timor (Bertrand et ál. 2005).

1.2 Justificación

En África tropical se encuentran poblaciones silvestres de *Coffea arabica* en su estado natural y muchos de estos materiales han sido colectados para ser conservados en los diversos bancos de germoplasma. Estos individuos presentan una mayor variabilidad genética que puede servir para ampliar la base genética del cultivo de café (Anthony et ál. 2007). Sin embargo, una de las limitantes de estas poblaciones silvestres es la carencia de información

sobre la variabilidad genética en cuanto a su calidad, su adaptación bajo diferentes ambientes y su resistencia a plagas y enfermedades (Anthony et ál. 2002).

La colección de café del CATIE es una de las más grandes e importantes a nivel mundial por su diversidad genética en variedades cultivadas y genotipos silvestres (Ebert 2005). Dentro de la colección también existen genotipos muy antiguos como el Geisha, que hoy se cultiva con éxito en muchas fincas en Panamá y se vende a precio récord en el mercado mundial como el café más fino y suave (Cárdenas 2007). En la subasta en línea del mejor café Panamá 2007 alcanzó un precio de USD 130/libra, y en el 2010 alcanzó un nuevo precio record de USD 170/libra (Tejada y Bocharel 2010). Esta apreciación por este café en los mercados internacionales ha motivado realizar investigaciones con nuevos genotipos que se conservan en el banco de germoplasma del CATIE con la finalidad de explorar las características de calidad, incidencias a enfermedades y adaptación bajo diferentes condiciones de ambiente.

1.3 Objetivos del estudio

1.3.1 Objetivo general

Estudiar las características de calidad e incidencia de enfermedades de 24 genotipos de *Coffea arabica* bajo tres condiciones ambientales en Panamá.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la influencia de la altitud y genotipo sobre características organolépticas del café.
- Determinar la influencia de la calidad física sobre las características organolépticas del café.
- Evaluar la incidencia de la roya y ojo de gallo en los diferentes genotipos y bajo diferentes condiciones agroecológicas.

1.4 Hipótesis del estudio

- La altitud y el genotipo tienen un efecto directo sobre las características organolépticas del café.

- La calidad física tiene un efecto directo sobre las características organolépticas del café.
- Los factores ambientales y genotipo afectan la incidencia de roya del café y el ojo de gallo.

1.5 Preguntas de investigación

¿Para los genotipos introducidos de la colección de café del CATIE a Panamá, hay interacción genotipo - ambiente para las variables de calidad?

¿Cuáles genotipos producen la mejor calidad?

¿Cómo cambia la calidad de café de los diferentes genotipos con factores ambientales?

¿Hay diferencias de susceptibilidad entre los genotipos a las enfermedades Ojo de Gallo y Roya del café?

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 Origen y dispersión del café Arábigo

El café (*Coffea arabica*) es originario del sureste de Etiopía (Anthony et ál. 1999; Gole et ál. 2001; Senbeta 2006). Esta hipótesis es respaldada por los reportes de poblaciones silvestres en la meseta de Boma en Sudán y en el monte de Marsabit en Kenia, que son países vecinos muy cercanos al centro de origen (Friis 1979; Gole 2003). En estas regiones las poblaciones de *C. arabica* crecen en su estado natural en los sotobosques de las montañas con altitud entre 1400 a 1900 msnm (Tedesse y Nigatu 1996; Gole 2003). Se cree que el cultivo inició en el siglo VIII y fue monopolizado por los Arabes hasta el siglo XV, con una fuerte expansión por Arabia del Sur (hoy Yemen) en el siglo XIV (Anthony et ál. 1999).

En Europa, la primera introducción del café se efectuó en 1706 con plantas llevadas de Java al jardín botánico de Amsterdam (Meyer 1965; Anthony et ál. 1999). En 1715 en Francia se recibieron algunas plantas provenientes del Sultanato Yemen, las cuales fueron enviadas a la isla Borbón (hoy Reunión) (Perrard 1993 citado por Anthony et ál. 1999).

En América, las primeras introducciones de café arábica se realizaron a inicios del siglo XVIII (Anthony et ál. 1999) con plantas llevadas de Amsterdam a la Guayana Holandesa (hoy Surinam) y de París a la isla Martinica en las Antillas. En 1719 el cultivo se extendió por Guayana Francesa y en 1727 por Brasil. En el año 1730 los ingleses introdujeron el café a Jamaica, posterior a esto se extendió por el Caribe, México y Colombia (Anthony et ál. 1999). Los cafés provenientes de la isla Borbón fueron introducidos a Brasil en los años 1860 a 1870 (Anthony et ál. 1999).

Los cafés de Yemen dieron origen a dos tipos de arabica: *C. arabica* var. *arabica*, conocido como Arábigo o Típica, que constituyó la base genética de las primeras variedades cultivadas en América y Asia (Anthony et ál. 1999), y *C. arabica* var. *Bourbon* que se difundió de las islas Borbón (Fischersworing y Roßkamp 2001). Hasta mediados del siglo XX todas las variedades cultivadas en América Latina compartieron la base genética del café introducido de Ámsterdam (Anthony et ál. 1999).

2.2 Recursos genéticos del café

El género *Coffea* consta de alrededor de cien especies diferentes (Charrier y Berthaud 1985; Anthony et ál. 1999; Davis et ál. 2006). Pero de todas estas especies solo dos son de importancia económica en el mercado mundial: *C. arabica* conocida como Arabica, que aporta aproximadamente el 63% de la producción mundial y el *C. canephora* también conocido como Robusta que aportó el 37% de la cosecha 2009/2010 (SCAA 2011). De acuerdo al número de cromosomas, el *C. arabica* pertenece al grupo de tetraploides ($2n=4x=44$ cromosomas) indicando que su origen resulta probablemente de un cruce natural entre el *C. canephora* y *C. eugenoides* (Lashermes et ál. 2000). El *C. canephora* y otras especies como el *C. liberica*, *C. stenophylla*, *C. racemosa* pertenecen al grupo de los diploides ($2n=22$ cromosomas) (Regalado 2006), son autoincompatibles por tanto generan poblaciones mas heterogeneas.

2.3 Principales variedades de América Central

En América Central, la caficultura inició con la adopción de variedades introducidas a mediados del siglo XVIII: las variedades, Typica y Bourbon (Samper 1999). Posterior a esto se adoptaron variedades como el Caturra, Mundo Novo y Catuai que habían sido seleccionados de mutaciones y de cruzamientos naturales y artificiales. De estas variedades surgieron espontáneamente muchas variedades por mutación como el Híbrido Tico, Villalobos, San Ramon, Pacas, Villa Sarchí y otros (Samper 1999), todas variedades de excelente calidad. A partir del primer reporte de la roya del café (*Hemileia vastratrix*) en Nicaragua en 1976 (Avelino et ál. 1999) frente a un grupo de variedades tradicionales susceptibles en América Central, se iniciaron estrategias de selección buscando la resistencia a la roya anaranjada. El Híbrido de Timor, un cruce natural entre *C. arabica* y *C. canephora*, portador de genes de resistencia procedentes de *C. canephora*, jugó un papel fundamental para generar las líneas de los Catimores; IHCAFE 90, Lempira 98, COSTA RICA 95, T5269 y otros (Bertrand et ál. 1999) Sin embargo, estas variedades presentaron una disminución en la calidad (Bertrand et ál. 2003), debido a la introgresión de genes de *C. canephora* y a la falta de selección por calidad. Posterior a esto en los años noventa en la región de América Central CATIE, PROMECAFE y CIRAD iniciaron programas de mejoramiento genético del café, basados en cruces de variedades tradicionales y Catimores con plantas silvestres de Etiopia y Sudan; de esa forma se logró incrementar la resistencia a enfermedades y mantener la calidad

o inclusive mejoraron en zonas de baja altura (Bertrand et ál. 2005; Bertrand et ál. 2006; Canet et ál. 2010). Se puede citar muchas variedades Arábigas que han tenido y tienen repercusión en la caficultura en América Central:

Variedad “Típica”: Muy conocido como criollo o arabigo, es un arbusto de porte alto, produce granos grandes y un café de muy buena calidad, también se caracteriza por presentar un color bronceado en las hojas nuevas (Wintgens 2004).

Variedad “Borbón”: Tiene su origen en las islas Borbón (hoy islas Reunión), se caracteriza por su porte mediano, ramas con entre nudos largos, es más precoz y productivo que el Típica y presenta un color verde en las hojas nuevas (Fischersworing y Roßkamp 2001).

Variedad “Caturra”, “Pacas” y “Villa Sarchi”: Estas tres variedades se originaron como resultado de una mutación natural del Borbón, en diferentes países y épocas. El Caturra tuvo su origen en Brasil, el Pacas en El Salvador y el Villa Sarchi en Costa Rica (Bertrand et ál. 1999); estas variedades se caracterizan por su porte bajo, entre nudos cortos y su alta precocidad para producir.

Variedad “Mundo Novo”: Fue seleccionada en Brasil, probablemente proviene de un cruzamiento natural entre Típica (Sumatra) y el Borbón. Se caracteriza por su porte alto con mucha ramificación secundaria, un gran vigor vegetativo, y una alta precocidad.

Variedad “Catuai”: Proviene de un cruzamiento artificial entre el Mundo Novo y el Caturra amarillo, en un programa de recombinación y selección en Brasil (Bertrand et ál. 1999). La liberación inició en la quinta generación, pero se continuó seleccionando hasta la generación F7 o F8. Los rendimientos de esta variedad son superiores al Caturra y es muy común en toda América Central (Bertrand et ál. 1999). Se caracteriza por su porte bajo, ramificación abundante, entre nudos cortos, es precoz y tiene una buena adaptabilidad a diferentes ambientes.

Variedades “IHCAFE90”, “COSTA RICA 95”, “MIDA96”, “Lempira 98”, “T5269”: Estas variedades y otras pertenecen al grupo de los Catimores que resultaron del cruce entre el Caturra rojo y el Híbrido de Timor. Se caracterizan por su alta productividad y resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix*). Sin embargo, en muchos ambientes tienen una calidad organoléptica inferior a las variedades tradicionales.

Híbridos F1: Los híbridos arábicos, resultaron de los cruces entre variedades silvestres, variedades tradicionales y Catimores. Se caracterizan por su alta productividad y su calidad

que fue transferido de las variedades silvestres. La reproducción de estos materiales se está realizando por embriogénesis somática.

Variedad “Geisha”: De acuerdo a los reportes de los fitomejoradores vinculados en las misiones internacionales de colecta de café en África, se puede deducir que esta variedad fue colectada en Etiopía en 1931 (Ebert 2008). Posterior a esto sería transferido a Kenia en 1931-1932, Tanzania en 1936 y finalmente al banco de germoplasma del CATIE en 1953, bajo la accesión T.2722 (Ebert 2008). La primera transferencia de la variedad Geisha de la colección de café del CATIE a Panamá, fue a inicios de los años 60 (Ebert 2008). Posterior a esto el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) por intermedio del Programa Nacional de Café, durante el periodo 1975-1980 introdujo nuevamente este material proveniente de la colección de café del CATIE (Miranda 2006).

En Etiopía durante los años 1952-1953, se encontraron varios materiales con resistencia a roya anaranjada y entre ellas estaba la variedad Geisha (Sylvain y Cordoba 1968). Una de las características de esta variedad es que posee al menos los genes de resistencia SH1 y SH5, los cuales le confieren resistente a varias razas de roya (Pérez y Gutiérrez 1978), razón por lo cual se introdujo a Panamá. Sin embargo su rendimiento menor frente al Caturra y Catuai provocó que muchas familias no la adopten en sus fincas. En algunos experimentos donde se evaluó rendimiento, el Catuai resultó 28% superior y el Mundo Novo 17% superior (Gutiérrez 1983), también en otro estudio en Costa Rica, el Caturra resultó 28% superior y el Mundo Novo 29% superior al Geisha (Pérez y Gutiérrez 1978).

Su excelente calidad fue descubierta con muestras provenientes de plantaciones de Alto Jaramillo, perteneciente a la Hacienda la Esmeralda. Daniel Peterson tras realizar cataciones de forma separada de las variedades presentes en su finca, logró detectar cualidades especiales en el café Geisha, las cuales fueron corroboradas en el año 2003 con la ayuda de Francisco José Sarracín y Andrés Lopez, catadores acreditados (Miranda 2006). Su acidez balanceada, sus sabores a fruta y su fragancia a jazmín, son alguna de las cualidades que le a permito ganar a la Hacienda la Esmeralda: Primer lugar “Best of Panama” (2004, 2005, 2006, 2007, 2009, 2010), “Specialty Coffee Association of America Roasters Guild Cupping Pavilion” (2005, 2006, 2009), “Rainforest Alliance Cupping for Quality” (2004, 2006, 2007, 2008, 2009) y segundo lugar “Café del Año” (2008, 2009). En los últimos años muchas fincas en la región cafetalera de Panamá, están sembrando nuevamente esta variedad.

Esta variedad se caracteriza por su porte alto, follaje compacto, abundante ramificación lateral, bandolas con ángulo agudo al eje central, bandolas con entrenudos largos, granos más grandes que la variedad Típica. Presenta hojas nuevas de color verde y en algunas ocasiones con ligeros tonos bronceados.

2.4 Cafés silvestres y semi-silvestres

Los materiales silvestres y semi-silvestres constituyen una importante fuente de diversidad genética para el café, principalmente en América Latina (Cárdenas 2007). Hoy en día una gran parte de esta diversidad genética se conserva en los bancos de germoplasma (Anthony et ál. 2002). Estos materiales de café han sido colectados en sus centros de origen, por diferentes instituciones como la FAO, ORSTOM, CIRAD, IPGRI y otros (Anthony et ál. 1999). Los materiales colectados en Etiopía se propagaron por todo el mundo, muchos de estos materiales se encuentran conservados en las diez colecciones más importantes para *C. arabica*. Cinco colecciones se encuentran en África (Etiopía, Kenia, Tanzania, Camerún y Costa Marfil), una en Madagascar, una en Asia (India) y tres en el continente Americano (Costa Rica, Colombia, Brasil) (Anthony et ál. 1999).

2.5 La colección de café del CATIE

A partir de 1949 se inició la colección de café del CATIE. Posterior a esto en el año 1976, mediante la creación de la Unidad de Recursos Genéticos gracias al apoyo económico del gobierno Alemán, a través de la Sociedad Alemana para la Cooperación Técnica (GTZ) (Cárdenas 2007), comenzó a funcionar de manera más formal como una colección (Ebert 2008). La colección inició con materiales procedentes de Guatemala, El Salvador, Puerto Rico y variedades locales de la Hacienda Atirro en Turrialba. Posterior a esto se introdujeron accesiones provenientes de Brasil, África, India, Portugal y Etiopía a través del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (Morera et ál. 1993). Según Ebert (2005) esta colección conserva la mayor cantidad de materiales de *C. arabica* de todo el continente Americano.

Los materiales conservados en la colección de café del CATIE alcanzan un total de 1852 accesiones (Anthony et ál. 2007) de los cuales 774 son variedades silvestres del centro de diversidad de Etiopía, 10 del centro de dispersión primaria de Yemen, 292 variedades derivadas de Típica y Borbón, 303 son líneas de introgresión de híbridos interespecíficos, 169

híbridos intraespecíficos, 84 mutantes, 158 pertenecientes a las especies *C. canephora*, *C. liberica* y otras, 19 híbridos interespecíficos (*Coffea arabica* x *Coffea spp.*) y 43 que no han sido clasificados (Anthony et ál. 2007).

2.6 La roya del café

El hongo *Hemileia vastatrix* es causante de la enfermedad de la roya del café. Según Silva et ál. (2006) puede causar pérdidas del 10% a 40% de la producción. Esta enfermedad fue reportada por primera vez en el año 1869 en Ceilán (Avelino et ál. 1999; Moreno 2004). El primer reporte de la roya en América Latina fue en Brasil en 1970. Existen dos versiones sobre su introducción: la primera plantea que las uredosporas serían transportadas por los vientos Alisios desde África y la segunda a través de material vegetal o ropa contaminada (Cárdenas 2007). Posteriormente a partir de Brasil se diseminó a los demás países de América Latina (Avelino et ál. 1999).

El hongo *H. vastatrix* es un parásito obligado que afecta a las hojas vivas de las especies del género *Coffea*, siendo la especie de *C. arabica* la más afectada (Avelino et ál. 1999). Su única forma conocida de multiplicación son las uredosporas, por lo general los primeros síntomas aparecen en el envés de las hojas, el lugar donde el hongo penetra. Los síntomas inician con la aparición de pequeñas lesiones amarillentas que con el tiempo se vuelven coalescentes y producen uredosporas de un color anaranjado característico (Avelino et ál. 1999). También en el haz de las hojas se observan manchas cloróticas que al final se convierten en manchas necróticas. El progreso de la enfermedad está influenciado por varios factores como; la lluvia que favorece la germinación y transporte de las uredosporas, la carga fructífera que influye en la receptividad por las hojas cuando hay una mayor carga, el inóculo residual y la temperatura (Avelino et ál. 1999).

Según las relaciones genéticas existentes entre el cafeto y roya anaranjada, se conocen nueve genes implicados con la resistencia específica (SH1 hasta SH9) y estos genes son sensibles a los genes de virulencias (V1 a V9) que contiene el parásito (Avelino et ál. 1999). De los nueve genes de resistencia cuatro han sido identificado en el *C. arabica* (SH1, SH2, SH4 y SH5), el gen resistencia (SH3) proviene del *C. liberica* y los genes (SH6, SH7, SH8 y SH9) provienen del *C. canephora* (Avelino et ál. 1999). Una gran parte del café arabica cultivado, posee el gen de resistencia SH5. En algunos cafés de Etiopía se han encontrado los

genes de resistencia SH1 y SH4, la cuales por si solos o en combinación con SH5 generan una resistencia incompleta (Avelino et ál. 1999). Para el control de la roya anaranjada se han considerado muchas estrategias que pueden ayudar a reducir el desarrollo de la enfermedad: el control químico, la resistencia genética, el control biológico, control cultural y el manejo integrado (Gurdián 2010).

2.7 Ojo de gallo del café

Esta enfermedad es causada por el hongo *Mycena citricolor* (Berk & Curt) Sacc., se comenzó a estudiar por primera vez en Colombia en 1876, donde se descubrió y se identificó (Lopez 2001). Durante muchos años ha recibido diferentes nombres debido a las características que se iban descubriendo en el hongo, hasta que al final el binomio aceptado hasta la actualidad es *Mycena citricolor* (Wang y Avelino 1999). Este hongo perteneciendo a la Clase Basidiomycete, orden Agaricales y familia Agaricaceae (Wang y Avelino 1999; Muller et ál. 2004), es de una naturaleza policíclica y tiene un amplio rango de hospederos, puede atacar a más de 550 especies siendo el café el único de importancia comercial (Wang y Avelino 1999).

Para su reproducción el hongo produce dos cuerpos fructíferos: gemas o cabecitas que son pequeñas estructuras de color amarillo en forma de alfiler, que conlleva a la reproducción asexual y los basidiocarpos que son cuerpos más grandes que las gemas, liberan gran cantidad de basidiósporas y permiten la reproducción sexual (Wang y Avelino 1999; Muller et ál. 2004). En su disseminación contribuyen diferentes factores como: la lluvia, el viento, el humano, aves, insectos, animales y otros (Fischersworing y Roßkamp 2001).

Los síntomas característicos de esta enfermedad son pequeñas manchas circulares, ovaladas y muchas veces irregulares. Se observa un color oscuro en las lesiones jóvenes y un color claro en las lesiones viejas (Wang y Avelino 1999). El micelio del hongo fundamentalmente penetra en el parénquima de la hoja y comienza su actividad al modificar las células constitutivas y transformar la clorofila (López 2001). En el modo de penetración del hongo se observaron cristales tetraédricos perfectos de oxalato de calcio, que son muy importantes para la patogénesis del hongo (Rao y Tewari 1897). Antes de su penetración el hongo libera ácido oxálico sobre el tejido de la planta, que conlleva a la captura de calcio de las paredes celulares y debilita el tejido afectado, permitiendo la entrada de la hifa del hongo

(Wang y Avelino 1999; López 2001). La enfermedad se desarrolla de manera más rápida en plantaciones viejas, no podadas y bajo sombra excesiva (Wang y Avelino 1999). Esta enfermedad es muy común en zonas con mayor precipitación, baja temperatura, constante neblina; altitudes de 1100 a 1550 msnm y siembras con poca distancia entre los surcos son las más favorables para la enfermedad (Avelino et ál. 2007).

2.8 Calidad del café

La calidad del café está determinada por características físicas y organolépticas, que son propiedades intrínsecas del grano que se ven reflejadas en la bebida (Banegas 2009). Estas características son importantes al momento de negociar el precio de venta. Existen numerosos factores que influyen en la calidad del café, desde factores genéticos como el potencial de producción o el tamaño de los granos, hasta factores no genéticos como la altitud, la pluviometría, la acidez del suelo y la sombra (Avelino et ál. 2002). Las técnicas de cosecha, post cosecha y la preparación de la bebida también influyen en la calidad del café (Bertrand et ál. 2006).

2.8.1 Características físicas

Según Geel et ál. (2005), las características físicas están determinadas por el tamaño, aspecto, color, densidad del grano y color del tueste. El tamaño de los granos puede ser determinado con tamices de diferentes diámetros. La cantidad de granos retenidos por cada tamiz puede expresarse en porcentajes. Los principales defectos incluyen granos negros, decolorados, malformados, aplastados, inmaduros, mordidos, fermentados, manchados y otros (Lara 2005).

2.8.2 Características organolépticas

Al momento de evaluar las características organolépticas del café, los atributos más importantes son: la acidez, fragancia, aroma, cuerpo, amargor, sabor y balance (Geel et ál. 2005). Para esto, el sentido del gusto y el olfato son imprescindibles en la determinación de la calidad de cada muestra (Banegas 2009).

2.8.2.1 Fragancia

Dentro de la evaluación sensorial, la fragancia está dada por compuestos orgánicos que se desprenden al moler el café tostado (Arellano et ál. 2008). Estos compuestos volátiles del café son percibidos sin la adición de agua (Banegas 2009).

2.8.2.2 Aroma

El aroma es el olor del café molido que da la primera impresión general después de preparar la infusión con agua a una temperatura mayor de 55 °C (Banegas 2009). Con el aroma se confirman los atributos positivos o negativos que se puede describir en la fragancia. Por lo general entre los componentes aromáticos más volátiles y menos volátiles que se perciben son: floral, frutal, herbáceo, acaramelado, achocolatado, trementinoso, especiado, carbonoso (Lingle 2011).

2.8.2.3 Sabor

Describe la combinación de los atributos y defectos que se hacen presentes en la bebida del café al entrar en contacto con los receptores de la membrana mucosa de la lengua y hacen que se perciban sensaciones de dulce, salado, agrio y amargos. Según la modulación de las sensaciones del sabor, se puede denominar como: ácido, terso, vinoso, simple, agudo, avinagrado (Lingle 2011).

2.8.2.4 Acidez

La acidez es la propiedad que describe la impresión gustativa causada por la presencia de ácidos orgánicos en la infusión del café (Lara 2005). Según Cleves y Astua (1998) esta característica es bien apreciada en la comercialización del café.

2.8.2.5 Cuerpo

El cuerpo describe la sensación del café en la boca, la consistencia o espesor de la bebida. En función de su mayor o menor contenido de grasas en suspensión, un café se puede calificar de grueso o mantecoso, liso, delgado o acuoso (Saco y Alarcón 2006).

2.8.2.6 Resabio

Es la permanencia del sabor en el paladar después de haber expulsado el café de la boca, este sabor puede ser agradable o desagradable (Lingle 2011).

2.8.2.7 Balance

En el balance se evalúa la combinación o el contraste entre el sabor, acidez, post gusto y cuerpo (Lingle 2011).

2.9 Factores biofísicos

2.9.1 Clima

El café se puede cultivar en un rango de altitud de 400 a 2000 msnm, pero la zona altitudinal que ofrece mejores condiciones para obtener buena calidad está entre los 1200 a 2000 msnm dependiendo de la latitud en el trópico o subtrópico (Fischersworrning y Roßkamp 2001). Los cafés cultivados a mayor altitud suelen desarrollar mejores atributos de acidez, sabor, aroma y calidad de la bebida (Vaast et ál. 2005). La temperatura óptima está entre 19 °C y 21 °C con extremos de 17 °C a 23 °C, por encima de la temperatura promedio de 24 °C se acelera el crecimiento vegetativo, limitando tanto la floración como el llenado de los frutos. De acuerdo a Winger (2004) un incremento de la altitud en 100 m puede disminuir la temperatura entre 0.5-0.6 °C. La precipitación en las zonas cafetaleras varía entre los 1000 a 3500 mm promedio anual (Fischersworrning y Roßkamp 2001). Cuando las precipitaciones son por debajo de 1000 mm hay una reducción en la producción, y cuando superan los 3000 mm hay proliferación de enfermedades y pérdidas de nutrientes en el suelo (Fischersworrning y Roßkamp 2001). La humedad relativa deseada para el cultivo de café tanto en los meses secos y lluviosos es del 70 al 95%.

2.9.2 Suelo

El resultado de las formaciones geológicas del suelo bajo condiciones climáticas variable, son importantes para el cultivo de café (Fischersworrning y Roßkamp 2001). El suelo y subsuelo deben tener un buen drenaje y en general, se prefiere suelos profundos de color oscuro derivados de cenizas volcánicas (Fischersworrning y Roßkamp 2001). Los mejores suelos para el cultivo del café son los francos, de buena profundidad efectiva, con estructura granular, una buena aireación y permeabilidad. Los suelos con pH por debajo de 5 y por encima de 6.5 dificultan la nutrición del cultivo. Los nutrientes de nitrógeno, potasio y fósforo son los que se requiere en gran cantidad y calcio, magnesio, azufre, hierro, zinc, manganeso,

boro y cobre en menor cantidad. Un exceso de nitrógeno puede reducir la densidad y la calidad del grano (Santoyo et ál. 1996), como también un desbalance de hierro, zinc, calcio potasio pueden afectar negativamente la calidad de la bebida del café (Bornemisza 1988; Santoyo et ál. 1996).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área

3.1.1 Ubicación del área de estudio

La investigación se realizó en el Distrito Boquete de la provincia Chiriquí, Panamá. Las parcelas experimentales se localizan en Palmira a 8°44' Norte y 82°27' Oeste con una altitud de 1150 msnm, Barú a 8°45' Norte y 82°28' Oeste a una altitud de 1602 msnm y Jaramillo a 8°47' Norte y 82°24' Oeste a una altitud de 1560 msnm. Todas estas áreas son propiedad privada de la Hacienda la Esmeralda (Figura 1).

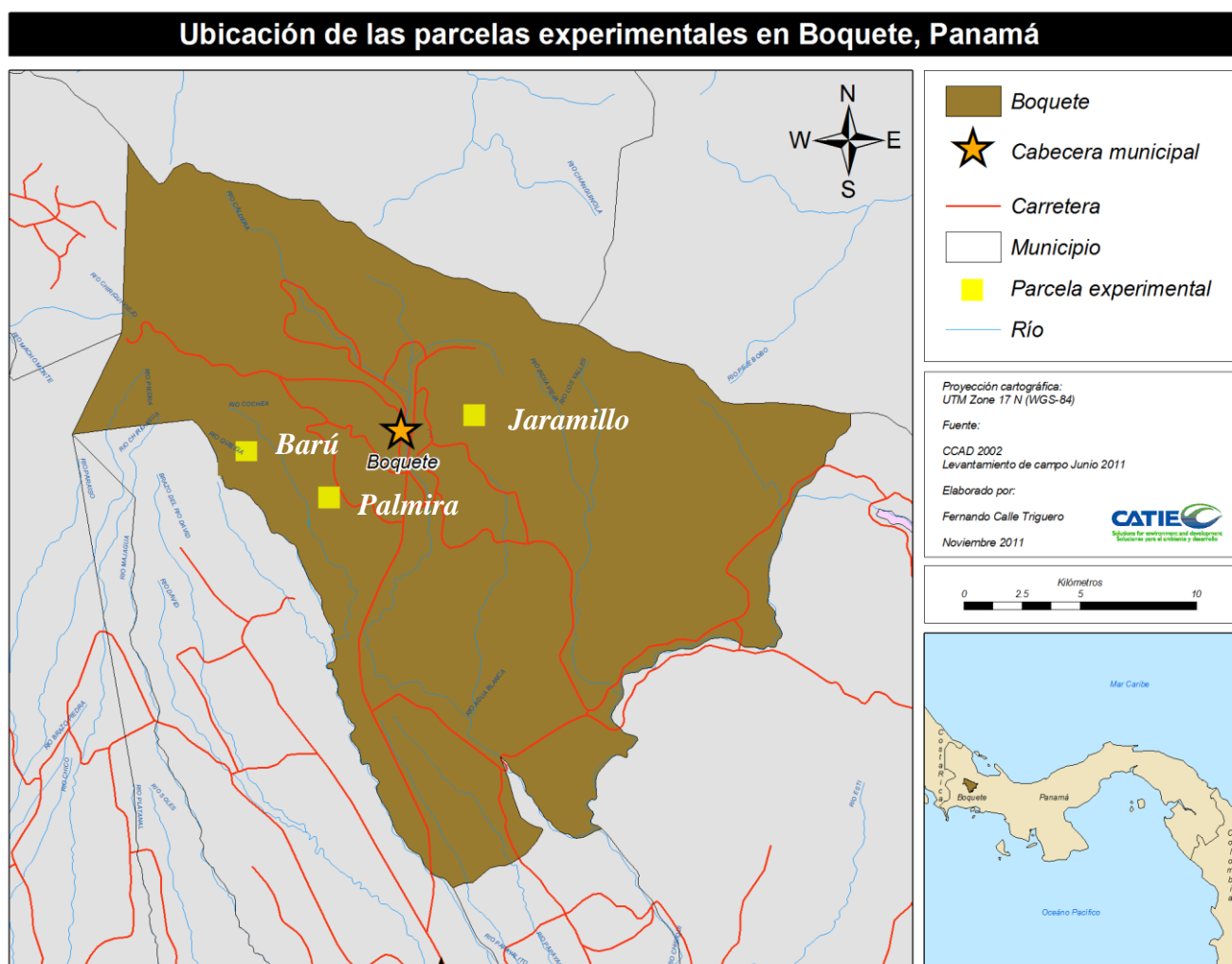


Figura 1. Mapa de ubicación de las áreas de estudio

3.1.2 Suelos y clima

Los suelos de esta región se caracterizan por ser profundos, permeables y altos en materia orgánica, el color mas predominante es el pardo oscuro, la estructura es granular y la textura franco limosa (Franceschi 2002). En estos suelos predominan cenizas volcánicas y generalmente están catalogados como moderadamente fértil (Martini 1969).

En las parcelas experimentales, para suplir las necesidades de fertilizante se utilizaron 460 kg ha⁻¹ de formula integrada 18-3-15-4-2 (N-P₂O₅-K₂O-MgO-B₂O₃), distribuidos en dos aplicaciones al año. Según el análisis de suelo en cada parcela (Cuadro 1) los nutrientes del suelo se encuentran relativamente cerca a los rangos deseados, excepto para el pH.

En la región predominan tres tipos de climas: tropical húmedo, templado húmedo de altura y templado muy húmedo de altura (Arosemena 2010). La precipitación promedio anual de la región es de 3466 mm (Arosemena 2010), con épocas lluviosas y secas bien marcadas. De diciembre a abril se presenta la época seca y la lluviosa de mayo a noviembre, siendo marzo el mes más seco y octubre el más lluvioso (Franceschi 2002). La temperatura media de la región es de 21.2 °C; los meses más frescos son octubre y septiembre con 16.3 °C y 16.1 °C y los meses más cálidos son marzo y abril con 21.7 °C y 22.9 °C (Arosemena 2010).

Cuadro 1. Análisis de suelo de las tres parcelas experimentales

	pH	cml(+)/L						mg/L			
Rangos adecuados	H2O	Acidez	Ca	Mg	K	CICE*	P	Zn	Cu	Fe	Mn
	5.5-6.5	< 0.3	(4-20)	(1-5)	(0.2-0.8)	(>5)	(10-50)	(1-20)	(1-50)	(10-50)	(3-10)
Jaramillo	5.4	0.42	5.19	1.08	0.22	6.91	49	5.3	8	45	10
Palmira	5.4	0.34	7.12	1.03	0.38	8.87	11	4.9	25	55	11
Barú	5.2	0.28	10.21	1.12	0.29	11.09	63	6.2	5	49	13

*CICE= Capacidad de intercambio catiónico efectivo

3.2 Selección de variedades

El 2005 se seleccionaron 37 accesiones de la colección de café del CATIE. La selección se apoyó de un estudio sobre el origen de las variedades cultivadas de *Coffea arabica* L. revelado por AFLP y marcadores microsatélites (SSR) (Anthony et ál. 2002) (Figura 2), en el cual se construyó un dendrograma de distancias genéticas que ayudó a seleccionar variedades que están genéticamente cerca al Geisha. En el presente estudio se evaluaron 24 accesiones de café (Cuadro 2) que llegaron a producir en dos o tres sitios con diferente altitud. También se utilizó como testigo dos variedades que se cultivan en la zona, el Catuai en la región de Palmira y el Geisha en la región de Jaramillo y Barú.

Cuadro 2. Procedencia de los genotipos establecidos en Boquete Panamá

No.	No. Asignado	Accesión CATIE	Variedad	Procedencia		Evaluación de calidad		
				País	Lugar	Palmira	Jaramillo	Barú
						1154 msnm	1560 msnm	1605 msnm
1	E1	2254	Jimma-06	Etiopia	Provincia Jimma		x	x
2	E2	2676	Laurina	Camerún	Estación de Quiquina		x	x
3	E3	2274	Rume Sudan	Tanzania		x	x	x
4	E4	2729	Jimma Mbuni	Kenia		x	x	x
5	E5	2742	Dilla Alghe	Etiopia	Ennarea Jimma	x	x	
6	E6	2744	Rume Sudan	Kenia	Nueva Tanzania	x	x	x
7	E7	2751	Agaro	Etiopia	Provincia de Jimma	x	x	
8	E8	2920	Bronze 008	Congo		x	x	
9	E9	3025	Villasarchi	Costa Rica	Provincia de Alajuela	x	x	
10	E10	3097	Irgalem- S-17	Etiopia	Provincia de Sidamo	x		
11	E11	3492	Lejeune 12	Etiopia	Provincia de Daba Buna	x	x	
12	E12	4100	Dilla Alghe	Portugal	Coffee rust Research Center	x	x	
13	E15	4664	E-143	Etiopia	Provincia de Kaffa Jimma	x	x	
14	E16	4759	E-238	Etiopia	Provincia de Sidamo	x	x	
15	E18	4857	E-457	Etiopia	Provincia Illubador	x	x	
16	E23	4900	E-531	Etiopia	Provincia de Kaffa Jimma		x	x
17	E24	4905	E-536	Etiopia	Provincia de Kaffa Jimma	x	x	x
18	E26	16690	ET-02	Francia	IR, Paris	x	x	x
19	E27	16695	ET-06	Francia	IR, Paris	x	x	
20	E29	16704	ET-15	Francia	IR, Paris	x	x	x
21	E30	16709	ET-20	Francia	IR, Paris	x	x	x
22	E31	16712	ET-25	Francia	IR, Paris	x	x	x
23	E33	16733	ET-52	Francia	IR, Paris	x	x	x
24	E37	21239	PDRY-14	Yemen	CIRAD, Montpellier	x	x	
25	Geisha	2722	Geisha	Etiopia	Ennarea Jimma		x	x

E1 al E37 = Esmeralda 1 al 37, identificación de accesiones de café en estudio.

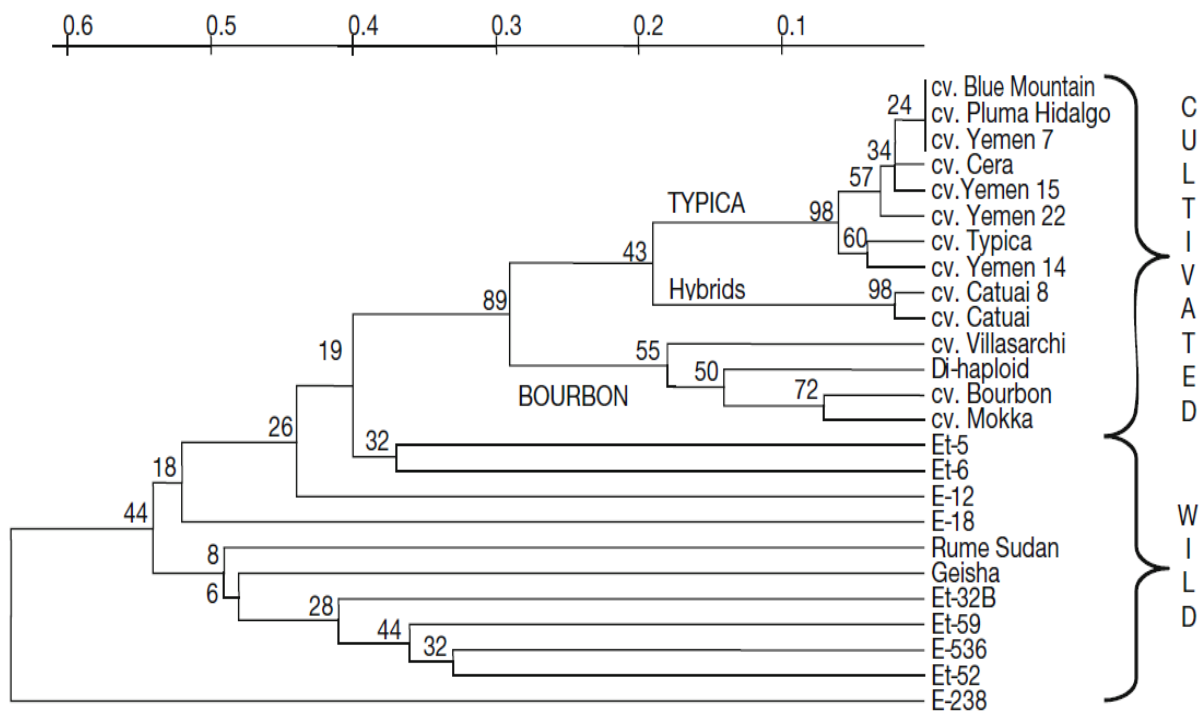


Figura 2. Dendrograma de accesiones de café determinado mediante la técnica AFLP basadas en distancias genéticas (Anthony et ál. 2002).

3.2.1 Descripción de las plantaciones de café

La distancia de siembra en cada parcela fue de 1.5 m entre planta y 2 m entre filas. Los cafetos tenían cinco años desde la siembra. Dentro de las parcelas y en el borde había algunos árboles dispersos de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), higuierilla (*Ricinus communis*) y poró (*Erythrina poeppigiana*). En Palmira, en el borde había cinco árboles de eucalipto y dentro de la parcela había dos árboles de poró. En las parcelas de Jaramillo y Barú dentro de cada parcela había solamente tres árboles de higuierilla y en el borde no había arboles que causaron sombra. Dos meses antes de la cosecha todos los árboles que están en las parcelas fueron podados un 80% de su copa, con la finalidad de reducir el efecto por sombra. Aunque la presencia de estos pocos árboles no permiten descartar un efecto limitado por sombra y otros efectos, el hecho de que fueron solamente dos o tres en cada parcela y que estaban sujetos a podas fuertes hace probable que sus efectos fueron insignificantes. Además para reducir su influencia potencial aun más, los cafetos en la cercanía de estos árboles no fueron incluidos en la selección de las plantas estudiadas.

3.2.2 Caracterización de vigor de las parcelas experimentales y recolección de cerezas

En las tres parcelas se realizó una caracterización de vigor por planta (Figura 4), con la finalidad de formar grupos de plantas con similares características dentro de cada genotipo. Los criterios de clasificación fueron la altura de las plantas, el número de nudos por bandola y el vigor de los brotes. Se utilizó una escala de 1-5 aplicando el 1 a las plantas con menor vigor y 5 a las plantas con mayor vigor. Con el fin de verificar la homogeneidad del suelo en dirección perpendicular a las filas de cafetos se realizó además una caracterización de vigor de los cafetos en los bordes de las parcelas, porque formaban una siembra continua de la misma variedad y edad a lo largo de la parcela. Los bordes en Palmira eran sembrados con la variedad Catuai y con la variedad Geisha en Jaramillo y Barú.

Para la evaluación de calidad se recolectaron muestras provenientes solamente de plantas con un vigor de 4 (Figura 3). Se seleccionó este vigor porque correspondía a una producción intermedia que permitiría revelar su máxima calidad. No se utilizaron las plantas de vigor 5 porque tenían una mayor producción que el vigor 4 lo cual podría tener un efecto negativo en la calidad (Avelino et ál. 2002; Vaast el al. 2006; Avelino et ál. 2005; Banegas 2009). Igualmente, las plantas de 1 a 3 no se usaron porque tenían demasiado poca producción y la calidad de sus frutos eran poco representativos de plantas vigorosas.

Se cosecharon solamente cerezas maduras (rojas) que se colocaron en bolsas plásticas debidamente identificadas con el número de genotipo. Las muestras de café, cada una de al menos 2000 g en cerezas, se colectaron en el pico de la cosecha entre diciembre y marzo para, la cosecha 2010/2011. Se realizaron cuatro cosechas en total, de las cuales las cosechas dos y tres se utilizaron para la evaluación de calidad. Se utilizaron estas cosechas por ser las más uniformes en la maduración y en el secado.

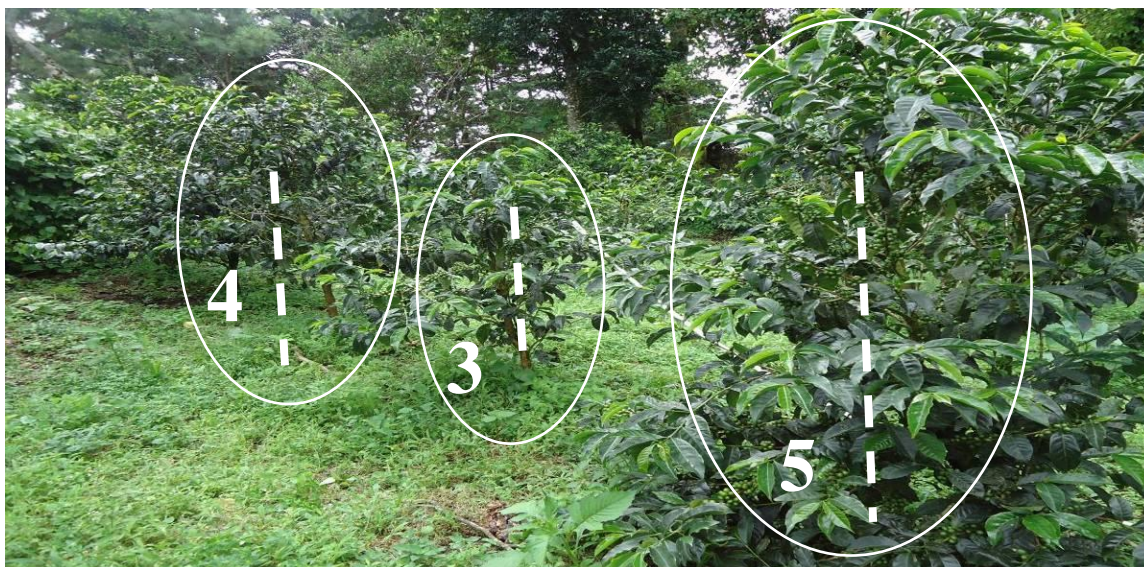


Figura 3. Caracterización de las plantas por vigor (la primera planta remarcada de la izquierda indica un vigor 4, la segunda planta vigor 3 y la tercera planta vigor 5)

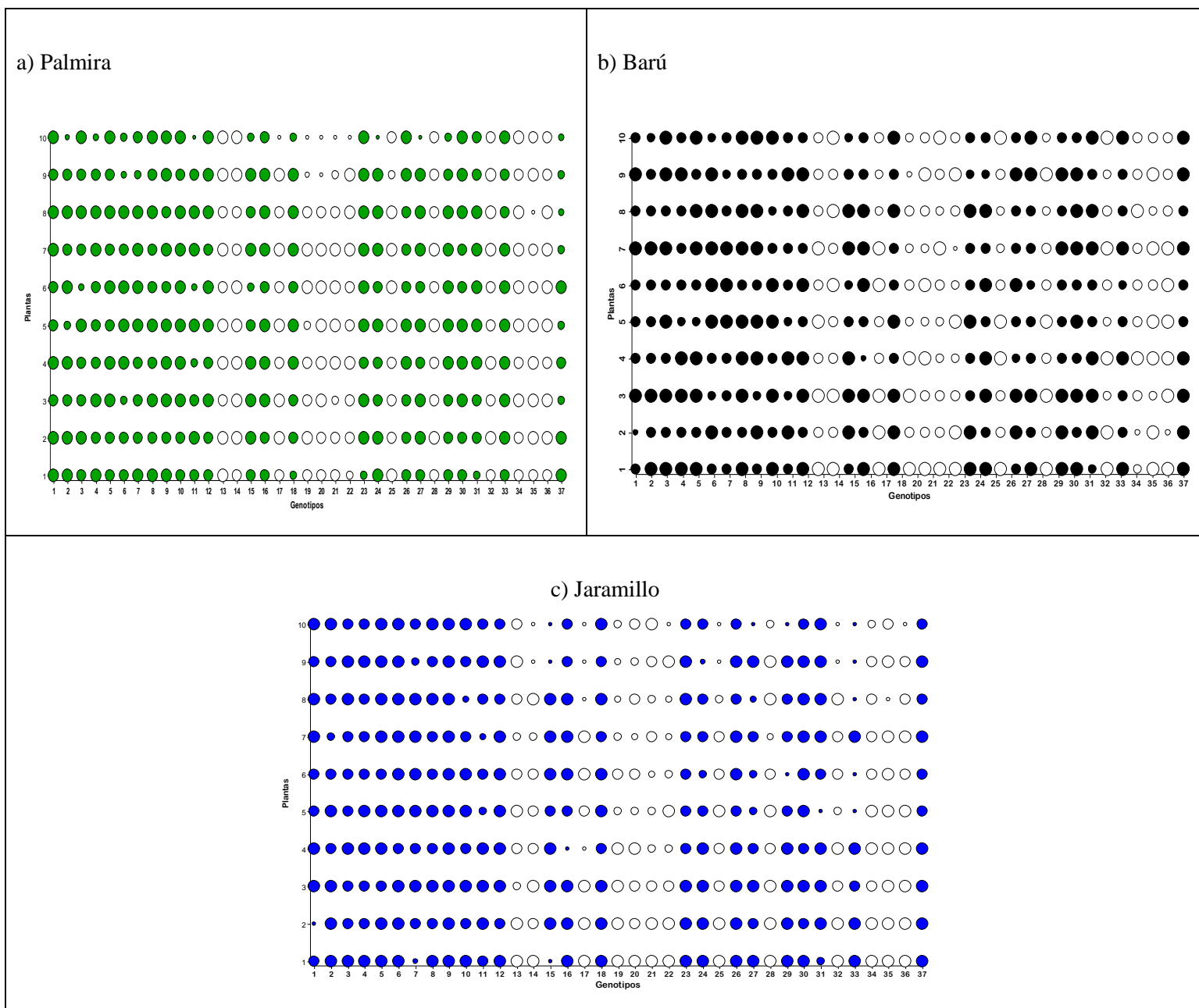


Figura 4. Caracterización de vigor de las parcelas de Palmira (a), Barú (b) y Jaramillo (c). Los círculos colorados indican los 24 genotipos que se evaluaron en el estudio. El tamaño de los círculos indica el vigor por planta, el círculo más grande indica vigor 5, el círculo mediano vigor 3 y 4 y los círculos pequeños vigor 1 y 2.

3.2.3 Beneficiado de las muestras

Todas las muestras de café se despulparon inmediatamente después de ser trasladado al beneficio. Estos cafés pasaron por un proceso de fermentación en agua, hasta que el mucílago comenzó a desprenderse de los granos (grano áspero al tacto) (Banegas 2009), demorándose 15- 24 horas. Luego se procedió a lavar y finalmente se secó en un secador solar durante 18 a

22 horas hasta obtener un porcentaje de humedad del 11-12%. Después de alcanzar el porcentaje de humedad deseado, se dejó en reposo en bolsas plásticas herméticas por un periodo de dos meses para luego proseguir con el análisis de calidad física y organoléptica (Figura 5).



Figura 5. Los pasos del beneficiado de las muestras de café

3.3 Análisis del café

3.3.1 Calidad física

Posterior al proceso de beneficiado se realizó el análisis físico con tres muestras por genotipo y se verificó que todas las muestras tengan un contenido de humedad del 11-12%. Luego, a partir de una muestra de 100 g de café verde, se determinó el porcentaje de diferentes formas. Se seleccionaron manualmente todas las formas de granos, caracol, triangulo, monstruos, planos y convexos y se determinó el porcentaje de peso de granos de cada una de las formas.

La clasificación del tamaño de los granos se realizó a partir de una muestra de 100 g de café verde. Se utilizaron tamices con diferentes tamaños de orificios (Cuadro 3), graduados a 1/64 pulgadas. La cantidad de café retenido en cada número de tamiz se pesó y se determinó el porcentaje por cada categoría de tamiz. Estos fueron agrupados en cuatro grupos, siendo el T12-T13 el grupo con los granos más pequeños y T18-T19 el grupo con los granos más grandes.

Cuadro 3. Dimensiones de tamices para determinar el tamaño del grano

<i>Número de tamiz</i>	<i>Dimensiones (mm)</i>
19	7.50
18	7.10
17	6.70
16	6.30
15	6.00
14	5.60
13	5.00
12	4.75

3.3.2 Calidad organoléptica

El análisis organoléptico se realizó en el laboratorio de catación de la Hacienda la Esmeralda S.A., con un panel de catadores de la Asociación de Cafés Especiales de Panamá (SCAP) y la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA), utilizando el protocolo desarrollado por la SCAA. Se usaron cuatro muestras por genotipo, considerando a cada taza como una repetición.

3.3.3 Tostado y molido

Las muestras de café fueron tostadas un día antes de la catación. En cada tueste se utilizaron 200 g de café verde, sin defectos de los tamices T15 a T17 de cada genotipo, para tener uniformidad en el tueste. El tiempo de tostado tuvo una duración de 8-10 minutos a temperaturas de 200-220 °C. Para determinar el color se utilizó una muestra de referencia previamente graduada a un color claro a claro medio, que equivale entre 58 y 63 en la escala Agtron señalada por la SCAA. Posterior a esto se molieron todas las muestras a un tamaño fino.

3.3.4 Formulario de catación

Los resultados de la catación se registraron en un formulario que contenía los atributos de: Fragancia/Aroma, Sabor, Sabor residual, Acidez, Cuerpo, Uniformidad, Balance, Taza Limpia, Dulzor y Puntaje general (Lingle 2011). Estos atributos fueron evaluados en una escala de 10 puntos. El resultado final de la suma de todos los atributos se expresó en una escala que va de 0 a 100 puntos. Según el resultado final que obtuvo cada muestra se le denominó el café como: Extraordinario (90 -100), excelente (80-89), muy bueno (70-79) y bueno (60-69).

3.3.5 Catación

Las muestras de café provenientes de las tres regiones fueron evaluadas por el mismo panel de catadores. En cada ronda de catación se evaluaron muestras de ocho genotipos, con cuatro tazas por muestra y cada taza evaluada por un catador. Con las cuatro tazas se evaluaron la consistencia y uniformidad entre las muestras. Todas las muestras fueron identificadas con un código que se presentó a los catadores para su respectiva evaluación. A cada taza se le agregó 11 g de café molido, y en ese mismo instante se evaluó la fragancia. Posterior a esto se vertieron 200 ml de agua caliente, conllevando a la formación de una capa o costra sobre la superficie de la bebida. Después de 3 a 4 minutos se rompió esta capa con la ayuda de una cuchara y se comenzó a evaluar el aroma al quitar la espuma de la superficie de la bebida. Los resultados de los atributos de fragancia y aroma se expresaron en una sola calificación. Después de otros 3 minutos se evaluaron los atributos de sabor, sabor residual, acidez, cuerpo y balance.

3.4 Enfermedades foliares

3.4.1 Evaluación de la roya y ojo de gallo

La evaluación de la incidencia a roya (*Hemileia vastatrix*) se realizó durante los meses de enero a abril del 2011, la época más favorable para el desarrollo de la enfermedad por coincidir con la época de la cosecha. En las parcelas no se aplicaron fungicidas. Para la evaluación se seleccionaron de manera sistémica cuatro bandolas productivas (una de cada punto cardinal) en el tercio medio de cada planta (Cárdenas 2007) en cuatro cafetos que sirvieron cada uno como repetición. En las bandolas seleccionadas se evaluó la incidencia de roya cada 30 días (Alvaro 2004, citado por Cárdenas 2007). Los resultados se expresaron como porcentaje de incidencia de roya (IR) por planta, la cual se determinó por la relación entre el número de hojas afectados (NHA) y el número de hojas presentes (NHP) en cada bandola (Fórmula 1). El mismo procedimiento se aplicó para el ojo de gallo (Formula 2). La evaluación de la incidencia de roya solo se realizó en la región de Palmira, porque en las otras regiones con mayor altitud no se presentó la enfermedad.

La evaluación de incidencia de ojo de gallo (*Mycena citricolor*) se realizó cada 30 días en los meses de julio a octubre, debido a que estos meses iniciaba la época más favorable para el desarrollo de la enfermedad por el incremento en la humedad. Se seleccionaron aleatoriamente cuatro bandolas, una de cada cuarto del árbol, en cuatro cafetos que sirvieron cada uno como repetición en cada genotipo en las tres regiones de estudio.

Formula 1: IR (%) = (NHA/NHP) x 100

Formula 2: IOG (%) = (NHA/NHP) x 100

3.5 Análisis estadístico

Para determinar las asociaciones entre los factores de altitud y genotipo sobre la calidad del café y sobre la incidencia de enfermedades, se utilizaron los modelos lineales generales mixtos usando el programa de InfoStat/Profesional Versión 2010.

3.5.1 Influencia de la altitud y genotipo sobre la calidad del café

Los resultados finales de las evaluaciones organolépticas fueron analizados mediante un análisis de varianza usando modelos mixtos con los factores genotipo, con 24 niveles y tres

altitudes (1154, 1560, 1605 msnm). Cada evaluador actuó como un bloque y su efecto fue considerado aleatorio. Para la comparación de medias de las calificaciones finales de la catación se utilizó la prueba LSD Fisher ($\alpha=0.05$).

El modelo usado para el ANOVA fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + V_j + \varepsilon_{ijk}$$

donde: Y_{ij} = puntaje obtenido de la Catación a la i-ésima altitud del j-ésimo genotipo

μ = efecto media general

A_i = efecto del i-ésima altitud

V_j = efecto de j-ésimo genotipo

ε_{ij} = termino de error aleatorio, supuestamente distribuido normal, con media 0 y varianza constante.

3.5.2 Incidencia de la roya

Para evaluar la incidencia de roya, se realizó un análisis de varianza con los factores genotipo con 25 niveles (24 genotipos y el Catuai testigo) y tiempo con cuatro niveles (enero, febrero, marzo y abril). Debido a que el modelo usado fue un bifactorial con interacción, con medias repetidas en el tiempo se consideraron diferentes estructuras de correlación. Para la selección del mejor modelo se usaron los criterios de Akaike (AIC) y el criterio Bayesiano de Información (BIC). La mejor estructura de correlación fue una matriz de varianza y covarianza general. Para alcanzar el supuesto de normalidad la variable fue transformada en la raíz cuadrada del arcoseno de la proporción. Para la comparación de medias también se utilizó la prueba de LSD Fisher ($\alpha=0.05$). El modelo usado fue:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + T_j + P(G)_{k(i)} + \varepsilon_{ijk}$$

donde: Y_{ij} = incidencia de roya a la i-ésima de genotipo del j-ésimo tiempo y de la k-ésima planta de cada genotipo.

μ = efecto media general

G_i = efecto del i-ésima genotipo

T_j = efecto del j-ésimo tiempo

$P(G)_{k(i)}$ = efecto de la k-ésima planta de cada genotipo

ε_{ijk} = termino de error aleatorio, supuestamente distribuido normal, con media 0 y varianza constante.

3.5.3 Incidencia del ojo de gallo

Para evaluar la incidencia de ojo de gallo, se realizó un análisis de varianza con los factores genotipo con 25 niveles (24 genotipos y el Geisha testigo), tiempo con cuatro niveles (julio, agosto, septiembre y octubre) y altitud con tres niveles (1154, 1560, 1605 msnm). Debido a que el modelo usado fue un trifactorial con interacción, con medias repetidas en el tiempo se consideraron diferentes estructuras de correlación y se seleccionó el modelo según los criterios AIC y BIC. La mejor estructura de correlación fue una matriz de varianza y covarianza con simetría compuesta. Para alcanzar el supuesto de normalidad la variable fue transformada en la raíz cuadrada del arcoseno de la proporción. El modelo usado fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + T_j + G_k + P(G)_{l(k)} + A_i G_k + A_i T_j + G_k T_j + A_i G_k T_j + \varepsilon_{ijklm}$$

donde: Y_{ijklm} = incidencia de ojo de gallo a la i-ésima altitud del j-ésimo de tiempo, k-ésimo genotipo y de la l-ésima planta de cada genotipo.

μ = efecto media general

A_i = efecto del i-ésima altitud

T_j = efecto del j-ésimo tiempo

G_k = efecto del k-ésimo genotipo

$P(G)_{l(k)}$ = efecto de la l-ésima de planta de cada genotipo

$A_i G_j$, $A_i T_k$, $G_j T_k$ y $A_i G_j T_k$ son los términos de interacción entre los factores principales

ε_{ijk} = termino de error aleatorio, supuestamente distribuido normal, con media 0 y varianza constante.

3.5.4 Granulometría

Con los datos recolectados de la evaluación granulométrica se realizó un ANDEVA, usando como variable respuesta la proporción de los cuatro grupos de tamaños (T12-T13, T14-T15, T16-T17 y T18-T19) y como variables de clasificación a la combinación de genotipos y lugares (Cuadro 3).

$$Y_{ij} = \mu + T_i + G_j + L_k + G_j L_k + \varepsilon_{ijkl}$$

donde:

μ = efecto media general

T_i = variable observada (categorías del tamaño de grano oro en porcentajes)

G_j = genotipo

L_k = lugar

G_iL_k = efecto de la j-ésima combinación de genotipo y lugar

ε_{ijk} = termino de error aleatorio, supuestamente distribuido normal, con media 0 y varianza constante.

Para la comparación de medias de las diferentes categorías de tamaño de grano se utilizó la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0.05$).

4 RESULTADOS

4.1 Factores asociados con la calidad del café

4.1.1 Calidad organoléptica

De acuerdo a los análisis de varianza (Anexo 3) para la apreciación final de la calidad existe una interacción significativa entre genotipo y altitud ($p \leq 0.0001$). Los genotipos que mejoraron su calidad a una mayor altitud como la de Barú a 1605 msnm y Jaramillo a 1560 msnm fueron el Geisha, E12, E4, E15, E29, E37, E8, E11 y E30. Los genotipos que no mejoraron su calidad con el incremento de la altitud fueron E33, E26, E31, E16, E10, E9, E5, E6 y E7 revelando de forma consistente su calidad en las tres altitudes del estudio. Para los atributos de fragancia, sabor, acidez, resabio y cuerpo, también se encontraron interacciones significativas entre genotipo y altitud.

En las pruebas organolépticas el Geisha de Barú resultó con la mejor calificación, incluso superando ($p \leq 0.05$) el Geisha de Jaramillo. Los otros genotipos que obtuvieron las mejores calificaciones de calidad después del Geisha fueron E12, E4 y E5 de Jaramillo. El genotipo E12 no mostró diferencias ($p > 0.05$) con el Geisha de la misma región. Valores más bajos, pero todavía con buenas calificaciones obtuvieron los genotipos E5 y E6 de Palmira, E15, E2 y E1 de Jaramillo y E4 de Barú, los cuales no mostraron diferencias estadísticas entre sí. Los genotipos con las calificaciones más bajas fueron E30, E15, E11, E33, Catuai, E3, y E18 provenientes de Palmira y E33, E27, E3 de Barú, los cuales no mostraron diferencias entre sí ($p > 0.05$).

Los genotipos E12, E4 y E5 resultaron los más cercanos en calidad al Geisha que fue utilizado como testigo en las regiones con mayor altitud. Los genotipos E5, E6, E12, E27, E4, E26, E31, E16, E10 y E9 fueron superiores al Catuai en calidad en la región más baja de Palmira. La variedad Catuai, una variedad de amplio uso en la caficultura Centroamericana, tenía valores entre los más bajos (Figura 6).

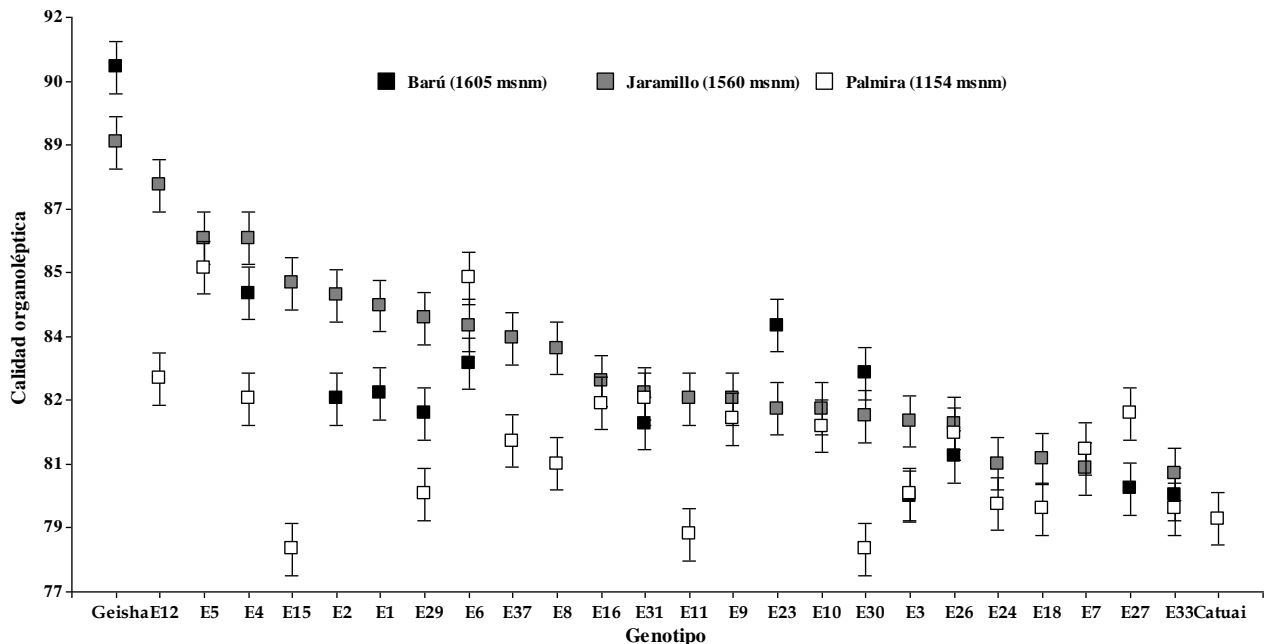


Figura 6. Calidad organoléptica de 26 genotipos en tres zonas de diferente altitud.

Los atributos organolépticos de fragancia, sabor, resabio, acidez y cuerpo presentaron diferencias ($p \leq 0.0001$) entre regiones y genotipos. Para fragancia, los mejores genotipos fueron el Geisha de las regiones altas de Barú y Jaramillo seguido por E4 y E12 de Jaramillo que no mostraron diferencias entre sí (Anexo 7). El mejor sabor lo tenían el Geisha, E12, E5, E1, E4, E15 en Jaramillo, Geisha y E4 en Barú y E5, E6 y E12 en Palmira y no presentaron diferencias entre sí (Anexo 10). Para el atributo resabio, el Geisha de Barú resultó con el mayor valor resabio, seguidas por Geisha, E5, E12, E4, E6 en Jaramillo, E23, E4, E23 en Barú y E5y E6 en Palmira los cuales que no mostraron diferencia significativas entre sí (Anexo 13). Los mayores valores de acidez se encontraron para el Geisha de Barú, seguido por Geisha, E12, E6, E1 de Jaramillo, E4 de Barú y E6 y E5 de Palmira sin diferencias entre sí (Anexo 16). Finalmente el mejor cuerpo tenían el Geisha de Barú y Jaramillo seguido por E12, E5, E1, E15, 29 en Jaramillo, E4, E6, 31 en Barú y E5 y E6 de Palmira; de nuevo, las diferencias para los valores de cada sitio no fueron significativas (Anexo 19).

Se puede notar que el Geisha tenía los valores más altos (todos entre 8 y 9) y consistentes en las dos zonas de mayor altura (Figura 7). En contraste, E16 tenía los valores más bajos (entre 7 y 8) independientemente de la altura. E5 muestra una alta estabilidad a diferentes alturas mientras que E12 mejora sustancialmente a mayor altura (Figura 7). Para los genotipos E4, E6 y E30 se nota una mejora consistente a mayor altura mientras que E31 fue

menos responsivo a la altura (Figura 8). El Catuai, una variedad de amplio uso en la caficultura Centroamericana, tenía valores entre los más bajos, en contraste al E5 y E6 que resultaron con los valores más altos en la región de Palmira (Figura 9).

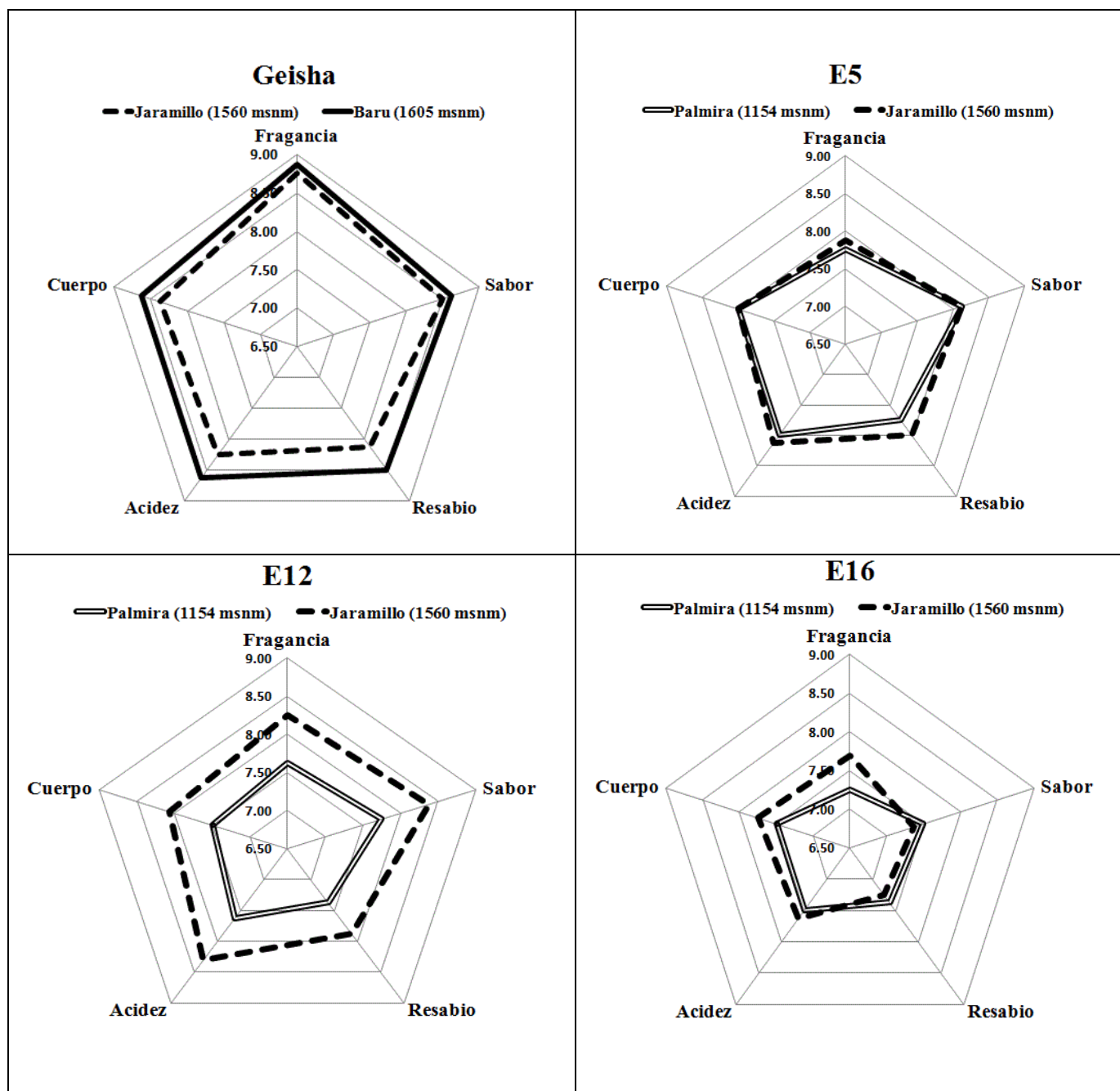


Figura 7. Fragancia, sabor, resabio, acidez y cuerpo para los genotipos Geisha, E12, E16 y E5 en dos localidades. Nótese el comportamiento distinto de diferentes genotipos: valores consistente altos para el Geisha, intermedios para E5, y bajos para E16. En contraste, el genotipo E12 muestra una mejora marcada a mayor altura.

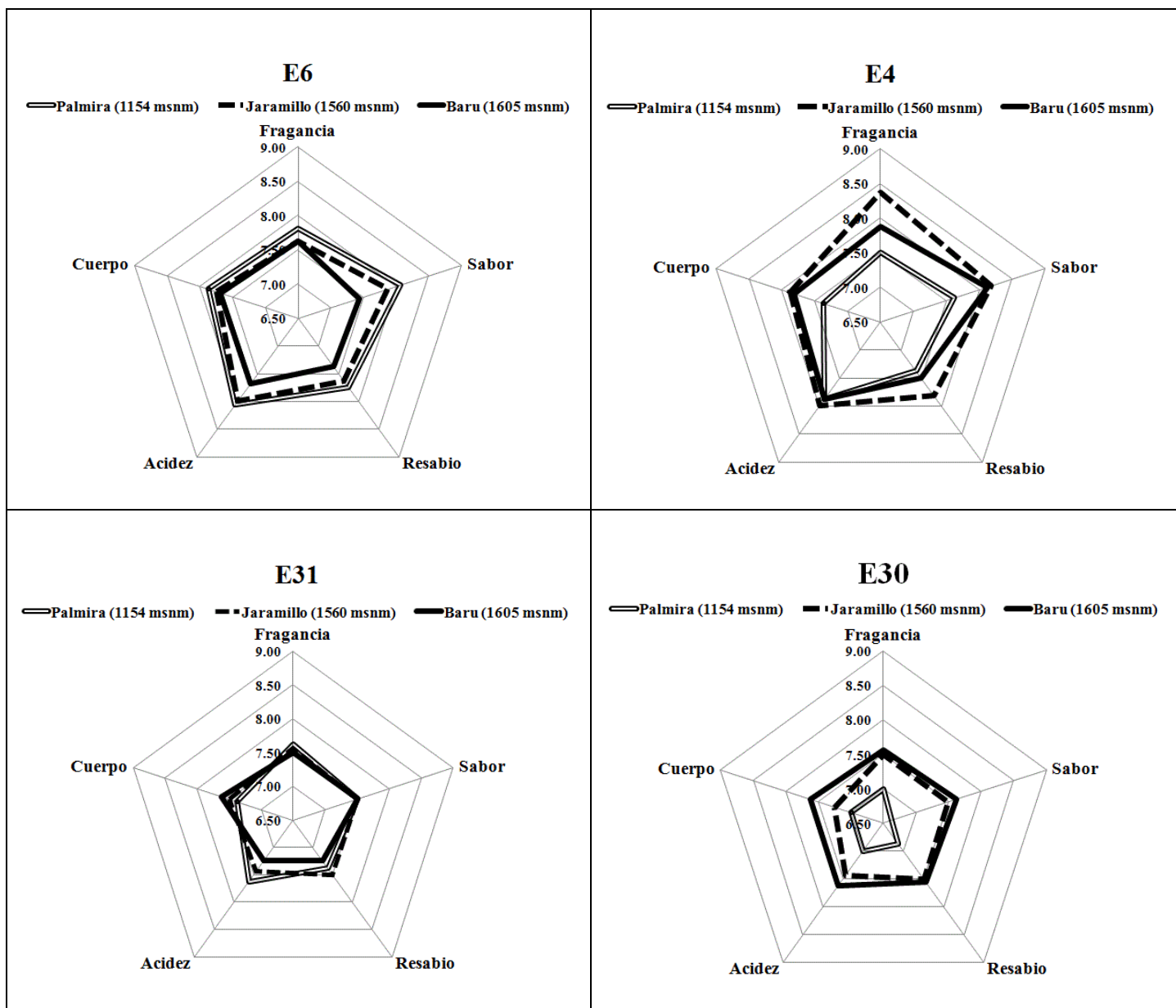


Figura 8. Atributos organolépticos para los genotipos E6, E4, 31 y E30 en tres localidades. Nótese que la respuesta de calidad a mayor altura no es consistente para todos los genotipos: para E6 los valores de sabor, resabio y acidez se redujeron a mayor altura; para E4 los cambios no fueron tan consistentes como para E30; los valores de E31 básicamente no variaron con la altura.

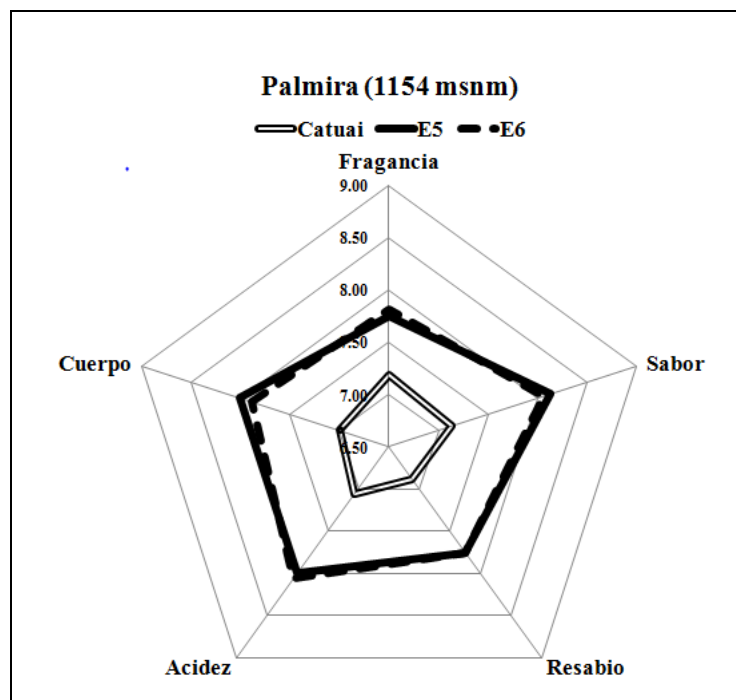


Figura 9. Atributos organolépticos para la variedad Catuai y los genotipos E5 y E6 en Palmira, el sitio de menor elevación. Nótese que los genotipos E5 y E6 son superiores que el Catuai, una variedad que se cultiva ampliamente en estas elevaciones.

4.2 Asociación de la calidad física con respecto a la calidad organoléptica

4.2.1 Características físicas de los granos

Para cada categoría de tamaño de granos se mostraron diferencias significativas tanto entre genotipos como entre regiones. Para el conjunto de los cuatro tamaños se encontró una interacción significativa entre genotipo y región ($p \leq 0.0001$). Los genotipos E5, E23, E6, E8, E29, E26 y Geisha tenían los porcentajes más altos de los granos grandes en la categoría T18-T19, con un rango de 34% a 61% (Anexo 37). Los genotipos E37, E10, E3, E11 Catuai, E9, E33, E27, E16 y 24 tenían los porcentajes más altos de la categoría T16-T17 con un rango de porcentaje de 57% a 71% (Anexo 36). Los genotipos E2, E15, E1, E27 E18 tenían los porcentajes más altos de la categoría T14- T15, con 34% a 62% (Anexo 35). Por último los genotipos E1, E33, E2, E11, E8 y E31 tenían los porcentajes más bajos de granos pequeños categoría T12-T13 con un 3% hasta un 5% (Anexo 34; Figura 10). En general el tamaño de grano aumentó con la altura; es notable como se agrupan los genotipos y altura de mayor tamaño a la derecha del grafico.

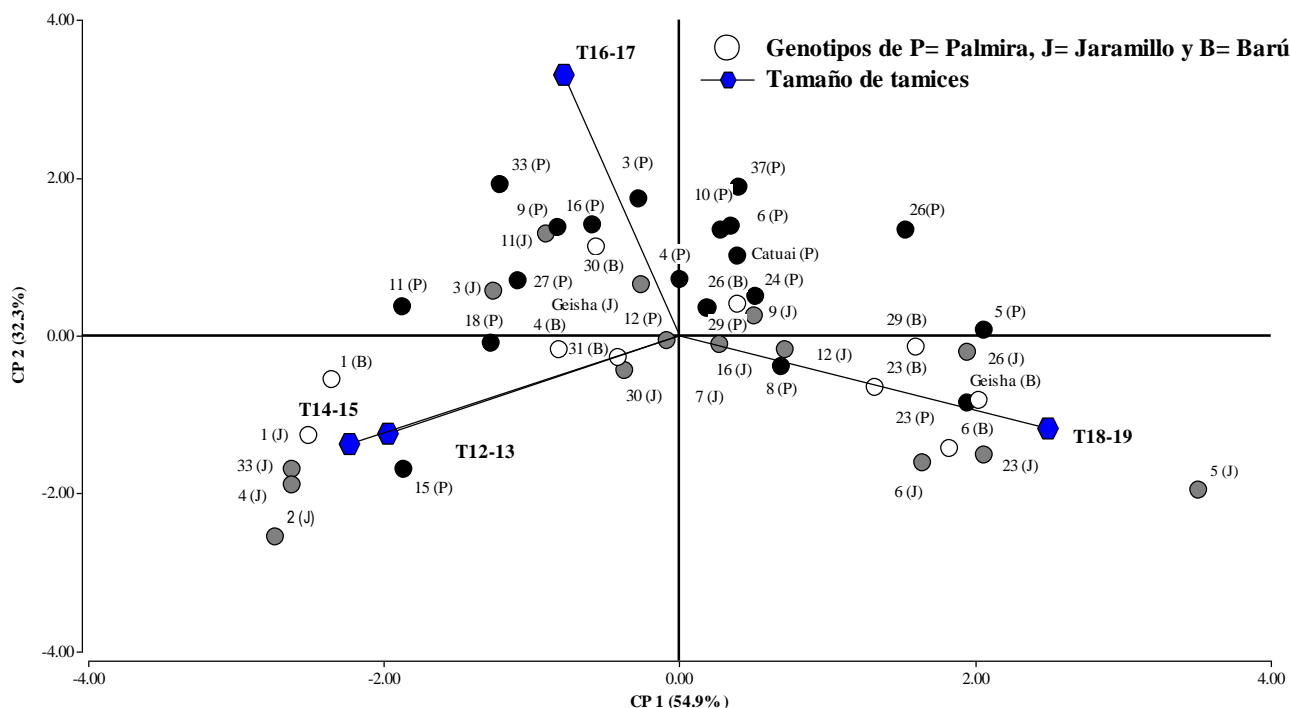


Figura 10. Biplot de un análisis de componentes principales, usando como variable los distintos porcentajes de tamaño T12-T13, T14-T15, T16-T17 y T18-T19 y como casos a la combinación de genotipos y localidades (J= Jaramillo, P Palmira y B Barú). El gráfico revela una variación de tamaño de granos a una mayor altitud.

Para todos los tipos de defectos de granos como caracol, monstruos, triángulos, planos y convexo, se encontró se encontró una interacción significativa entre genotipo y región ($p \leq 0.0001$). También se encontró un efecto significativo de región y genotipo por separado ($p \leq 0.0001$). Los menores defectos de granos se detectaron para los genotipos E1 de Jaramillo, E30 de Barú y E3, E11, E5, E16 de Palmira (Figura 11). Los genotipos de mayor altura, así como los genotipos de mejores atributos organolépticos E6, E12 y Geisha tenían los porcentajes más bajos de defectos.

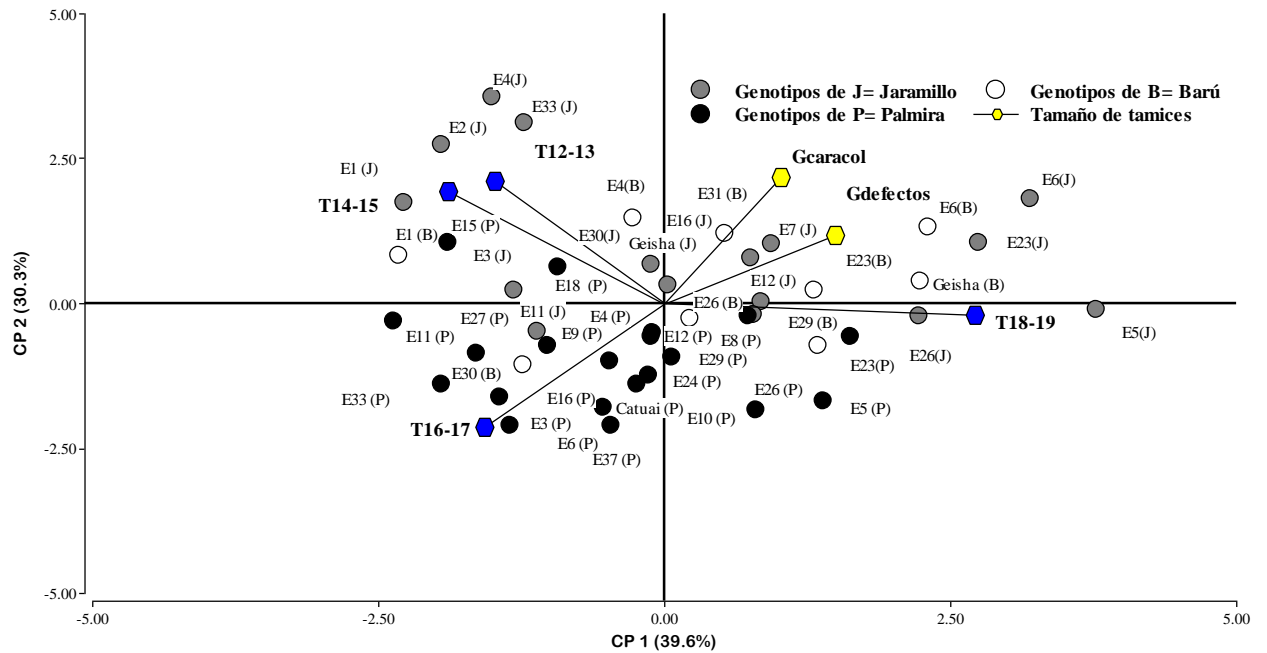


Figura 11. Biplot un análisis de componentes principales, usando como variables los distintos porcentajes de tamaño tamaño T12-T13, T14-T15, T16-T17 y T18-T19 y los granos con defectos, y como casos a los genotipos y localidades (J)= Jaramillo, (P) Palmira y (B) Barú.

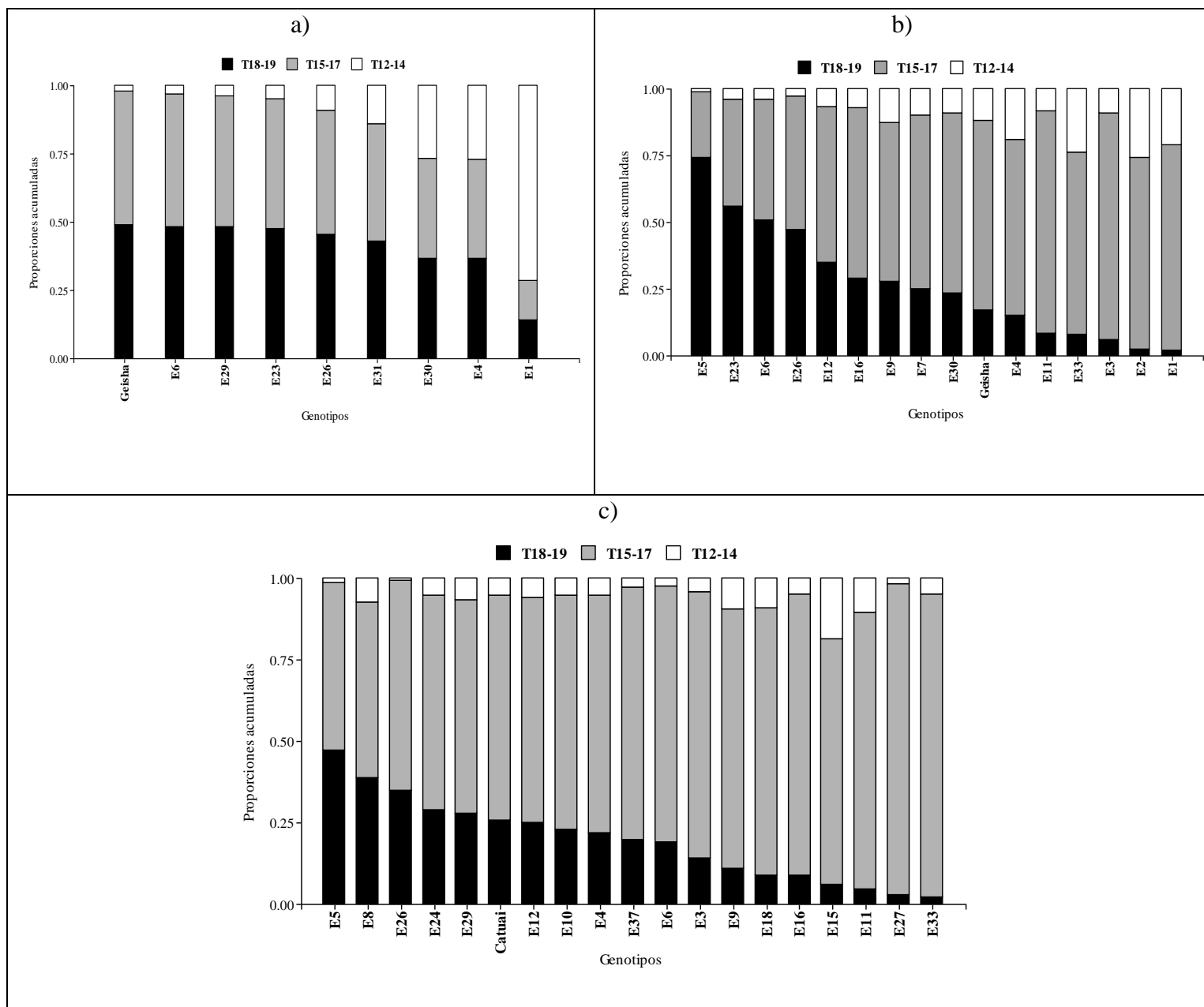


Figura 12. Porcentaje de los tamaños de granos T12-T14, T15-T17 y T17-T18 de los genotipos en a) Barú b) Jaramillo y c) Palmira. Nótese que el Geisha cambio bastante en las regiones de Barú y Jaramillo, regiones con similares alturas, sin embargo los genotipos E5, E6 y E26 se mantuvo consistente en las regiones con una mayor y menor altitud..

4.2.2 Asociación entre las características físicas y la calidad organoléptica

Un análisis de correspondencia simple ilustró la asociación entre los diferentes tamaños de granos con los atributos de fragancia, sabor, resabio, acidez y cuerpo (Figura 13). Las calificaciones de cada atributo fueron ordenadas según la escala de calidad: bueno (6.00-6.75), muy bueno (7.00-7.75), excelente (8.00-8.75) y extraordinario (9.00-9.75).

Para la categoría de tamiz, los granos más pequeños son representados por c1 y los más grandes por c4. En general los granos de tamaño c4 fueron mejores para todos los atributos seguido por los granos del tamaño c3. Solo en caso de fragancia y sabor el tamaño c1 aparece con buena calidad. Sin embargo la distribución amplia de los puntos indica relación entre atributos organolépticos y el tamaño de los granos no es muy estrecha. Para la acidez (panel d; Figura 13) no hay una asociación marcada con el tamaño de los granos porque A-E está entre los granos grandes y pequeños.

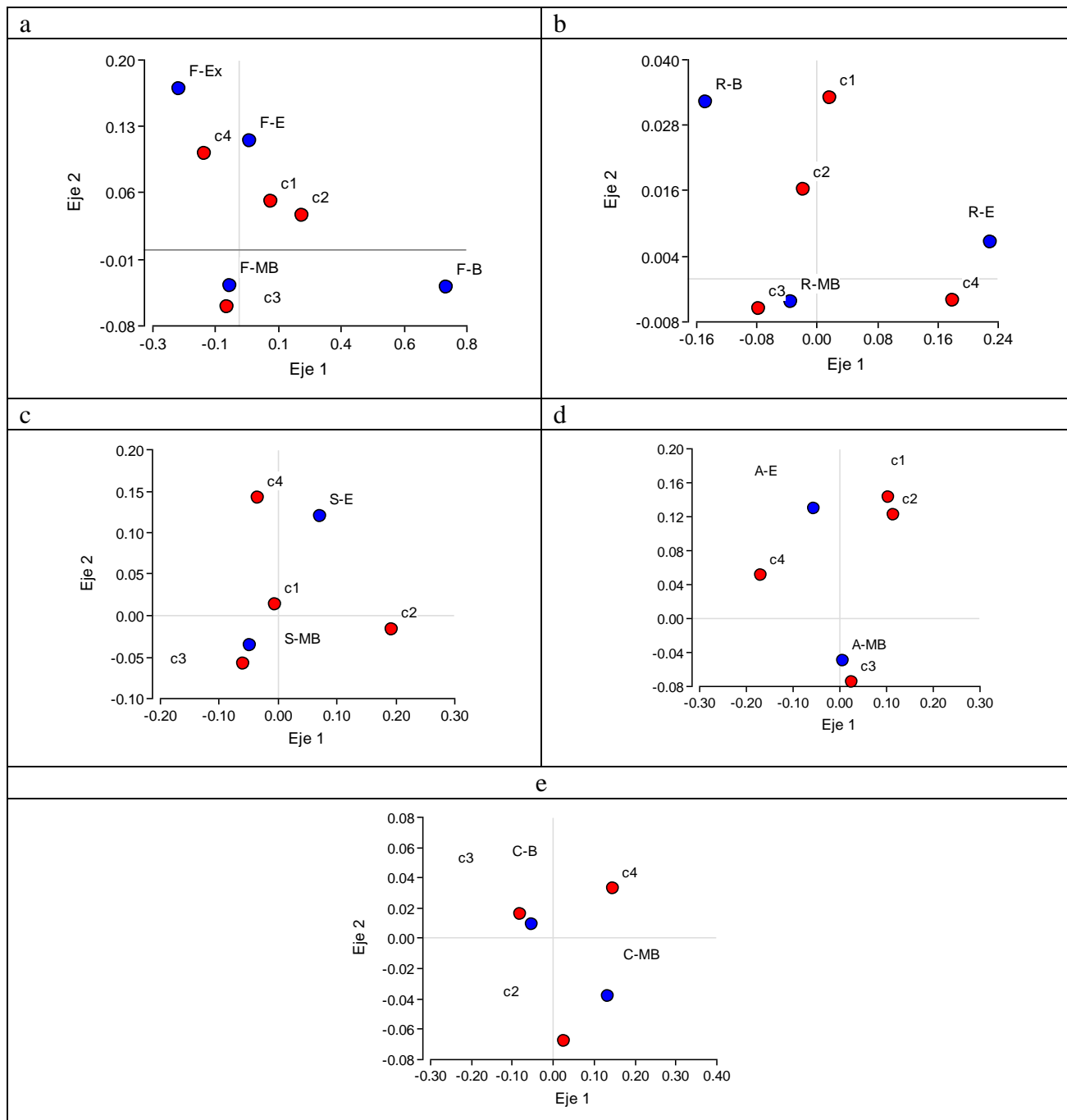


Figura 13. Representación gráfica de la asociación del tamaño de grano (c1-c4), con respecto a los atributos de fragancia F (a), sabor S (b), resabio R (c), acidez A (d) y cuerpo C (e). Las calificaciones para cada atributo son: Ex=extraordinario, E=excelente, MB=muy bueno, B=bueno. Nótese que los granos grandes reflejaron con una asociación positiva para todo los atributos.

Aunque la distribución amplia de los puntos en los biplots no revela una relación muy estrecha entre los atributos organolépticos y el tamaño de los granos, las correlaciones para los grupos individuales de tamaño revelan una asociación significativa para los granos grandes. Es interesante notar que las correlaciones de Pearson entre la calidad física y las características organolépticas (Cuadro 4) son significativas solamente para los granos en las clases T16-17 y T18-19. La consistencia de estas correlaciones en cada grupo (todas son positivas para T18-19 y negativas para T16-17) respalda la percepción común de que granos mas grandes reflejan una mejor calidad.

Cuadro 4. Correlación de Pearson entre la calidad física y los atributos organolépticos. (Los valores en la diagonal inferior izquierda indican los coeficientes de correlación (r) mientras que los valores en la diagonal superior derecha dan las probabilidades).

r^2 p^*		T14-T15	T16-T17	T18-T19	Fragancia	Sabor	Resabio	Acidez	Cuerpo
T12-T13	1.00	<0.0001	0.32	<0.0001	0.71	0.96	0.36	0.36	0.97
T14-T15	0.51	1.00	0.02	0	0.63	0.85	0.85	0.40	0.80
T16-T17	-0.09	-0.20	1.00	<0.0001	<0.0001	0.0004	<0.0001	<0.0001	<0.0001
T18-T19	-0.46	-0.69	-0.56	1.00	0.0004	0.03	0.0001	0.0001	0.02
Fragancia	0.03	-0.04	-0.30	0.25	1.00	0	0	0	0
Sabor	0.0004	-0.02	-0.25	0.19	0.73	1.00	0	0	0
Resabio	-0.08	-0.06	-0.30	0.27	0.71	0.82	1.00	0	0
Acidez	-0.08	-0.07	-0.28	0.27	0.68	0.85	0.77	1.00	0
Cuerpo	0.0002	0.02	-0.31	0.20	0.72	0.80	0.73	0.78	1.00

* Coeficiente (r^2) en diagonal inferior izquierda\ probabilidad diagonal superior derecha.

T12-T13= Tamiz del No. 12 al 13 (4.75-5.0 mm), T14-T15= Tamiz del No. 14 al 15 (5.60-6.0 mm), T16-T17= Tamiz del No. 16 al 17 (6.70-6.30 mm), T18-T19= Tamiz del No. 18 al 19 (7.50-7.10 mm)

4.2.3 Incidencia de la roya (*H. vastatrix*) en los diferentes genotipos

Según el análisis de varianza (Anexo 40), existen diferencias significativas ($p \leq 0.0001$) para la incidencia de roya entre diferentes genotipos. La prueba LSD Fisher ($\alpha = 0.05$) separó claramente los genotipos E33, E18, E31, E16, E15 y E27 con incidencia menor de un 12% (Figura 14); de los genotipos que sufrieron una incidencia mayor de un 50% particularmente E37, E10, E9, Catuai, E2, E6 y E26 (Anexo 30). Los materiales con mejor calidad fueron afectados fuertemente por la roya. Los genotipos E5 y E6 con mejor calidad organoléptica en Palmira presentaron incidencias altas de roya, similares al Catuai que fue utilizado como testigo. Sin embargo, otros genotipos como por ejemplo los genotipos E16, E31 que presentaron bajas incidencias a roya mostraron una calidad superior que el Catuai. Sin embargo esta información debe considerarse de una calidad preliminar porque la evaluación de incidencia de *Hemileia vastatrix* solo se pudo realizar en Palmira (1152 msnm) como único

lugar donde se desarrolló la enfermedad. En las otras regiones, probablemente por las mayores elevaciones, no hubo incidencia de la roya.

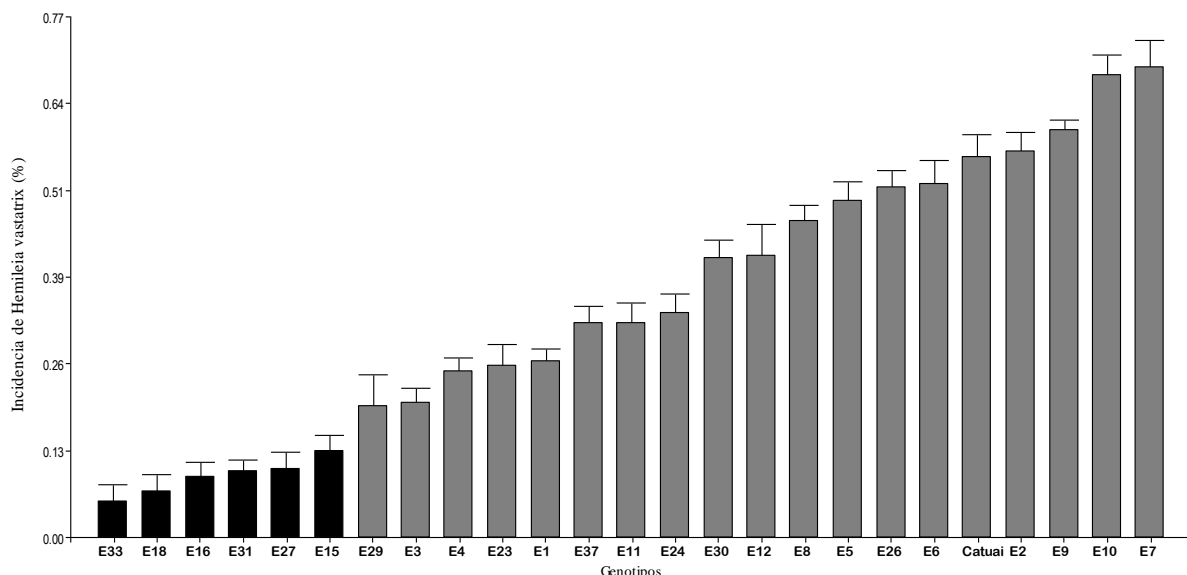


Figura 14. Porcentaje de incidencia de Hemileia vastatrix en los meses de enero a abril de 2011 en los diferentes genotipos de Coffea arabica en la finca Hacienda Esmeralda en Palmira, Panamá (1154 msnm, Temperatura promedio anual de=21.2 °C, Precipitación promedio anual de= 3466 mm). Las plantas tenían cinco años de edad y en general una productividad intermedia.

El grado de incidencia de roya entre los meses más favorables para la enfermedad (Figura 15) presentó diferencias significativas entre genotipos ($p \leq 0.0001$). El mes de enero mostró las más bajas incidencias para la mayoría de los genotipos. Los valores de incidencias aumentaron entre febrero y abril. Los genotipos E9, E5, E6, E7, E10, E26 y Catuai resultaron con las mayores incidencias en estos meses.

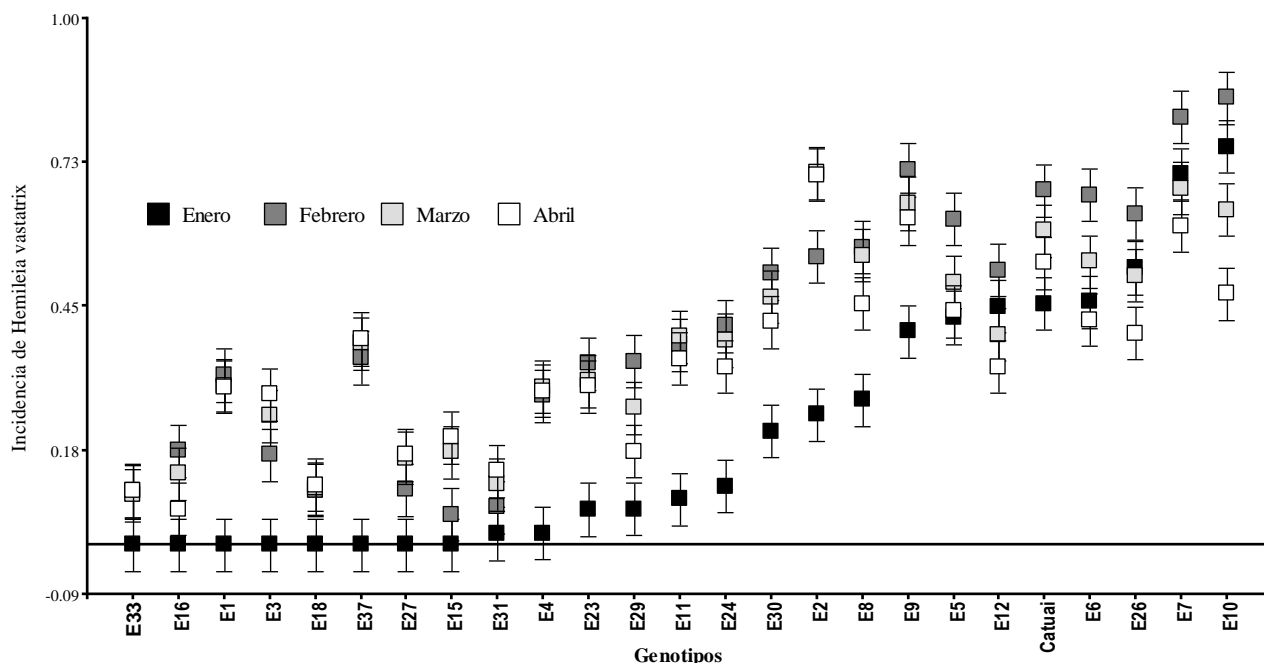


Figura 15. Incidencia de roya (*H. vastatrix*) en los meses de enero a abril de 2011 en 25 genotipos de genotipos de *Coffea arabica* en la finca Hacienda Esmeralda, Palmira, Panamá (1154 msnm, Temperatura promedio anua del=21.2 °C, Precipitación promedio anual de= 3466 mm). Notese que los datos de incidencia fueron transformado como raíz cuadrada del arcoseno de la proporción.

4.2.4 Incidencia del ojo de gallo (*M. citricolor*) en diferentes genotipos y regiones

El análisis de varianza reveló interacciones significativas entre genotipo y localidad para el ojo de gallo ($p \leq 0.0001$). La prueba de LSD Fisher ($\alpha = 0.05$) separó claramente los genotipos que presentaron menor y mayor incidencia en cada región.

Se encontraron genotipos con incidencia menor de un 10% en las diferentes regiones (Cuadro 5), sobre todo los genotipos E1 y E6 en la región de Palmira y Barú, E18 y E16 en la región de Jaramillo y Barú, y el genotipo E10 en la región de Palmira y Jaramillo. Los genotipos E27, E29, E33 con incidencia mayor de un 40% fueron afectadas de forma consistente en las diferentes regiones. De los genotipos que obtuvieron la mejor calidad organoléptica, los siguientes genotipos tenían <10% de incidencia al ojo de gallo: E6 en las regiones de Palmira, Barú y Jaramillo, E5 en Barú y E12 en Jaramillo.

Cuadro 5. Porcentaje de incidencia de (M. citricolor) en los meses julio a octubre de 2011 en los diferentes genotipos de Coffea arabica en las regiones de Palmira, Jaramillo y Barú, Panamá (1154 msnm, 1560msnm, 1605 msnm, respectivamente; Temperatura promedio anual=21.2 °C, Precipitación promedio anual= 3466 mm). Las plantas tenían cinco años de edad y en general una productividad intermedia. Los datos de incidencia fueron transformados como raíz cuadrada del arcoseno de la proporción.

Palmira (1154 msnm)		Barú (1605 msnm)		Jaramillo (1560 msnm)	
Genotipo	Incidencia	Genotipo	Incidencia	Genotipo	Incidencia
	<10%		<10%		<7%
E2	0.01 a*	E1	0.03 a	E16	0.02 a*
E10	0.03 a*	E18	0.05 ab	E18	0.02 ab
E1	0.05 ab	E16	0.05 ab	E26	0.04 ab
E9	0.07 ab	E24	0.06 ab	E12	0.04 ab
E7	0.07 ab	E5	0.07 ab	E10	0.04 ab
E6	0.08 ab	E6	0.09 ab	E6	0.06 ab
	>50%		>30%		>10%
E27	0.75 g	E33	0.69 g	E1	0.31 g
E33	0.72 gh	E29	0.66 g	E3	0.21 h
E12	0.63 gh	E27	0.43 h	E23	0.17 hi
E37	0.62 gh	E26	0.41 hi	E2	0.12 ij
Catuai	0.61 gh	E15	0.35 hi	E5	0.12 ij
E29	0.58 gh	E30	0.31 ij	E37	0.11 jk
F	25.48**		25.98**		11.82**

*Letras distintas indican diferencias significativas según la prueba LSD Fisher. **<0.001. Los genotipos en negrilla resultaron las mejores en al menos dos sitios o presentaron un efecto de interacción significativo para sitio por genotipo.

La incidencia de *M. citricolor* presentó diferencias ($p \leq 0.0001$) entre genotipo y región. Palmira (1154 msnm) y Barú (1605 msnm) fueron los sitios con mayor incidencia mientras que Jaramillo (1560 msnm) mostró la menor incidencia. Los meses de julio y agosto resultaron con una menor incidencia, mientras que la mayor incidencia se manifestó en los meses de septiembre y octubre (Figura 16).

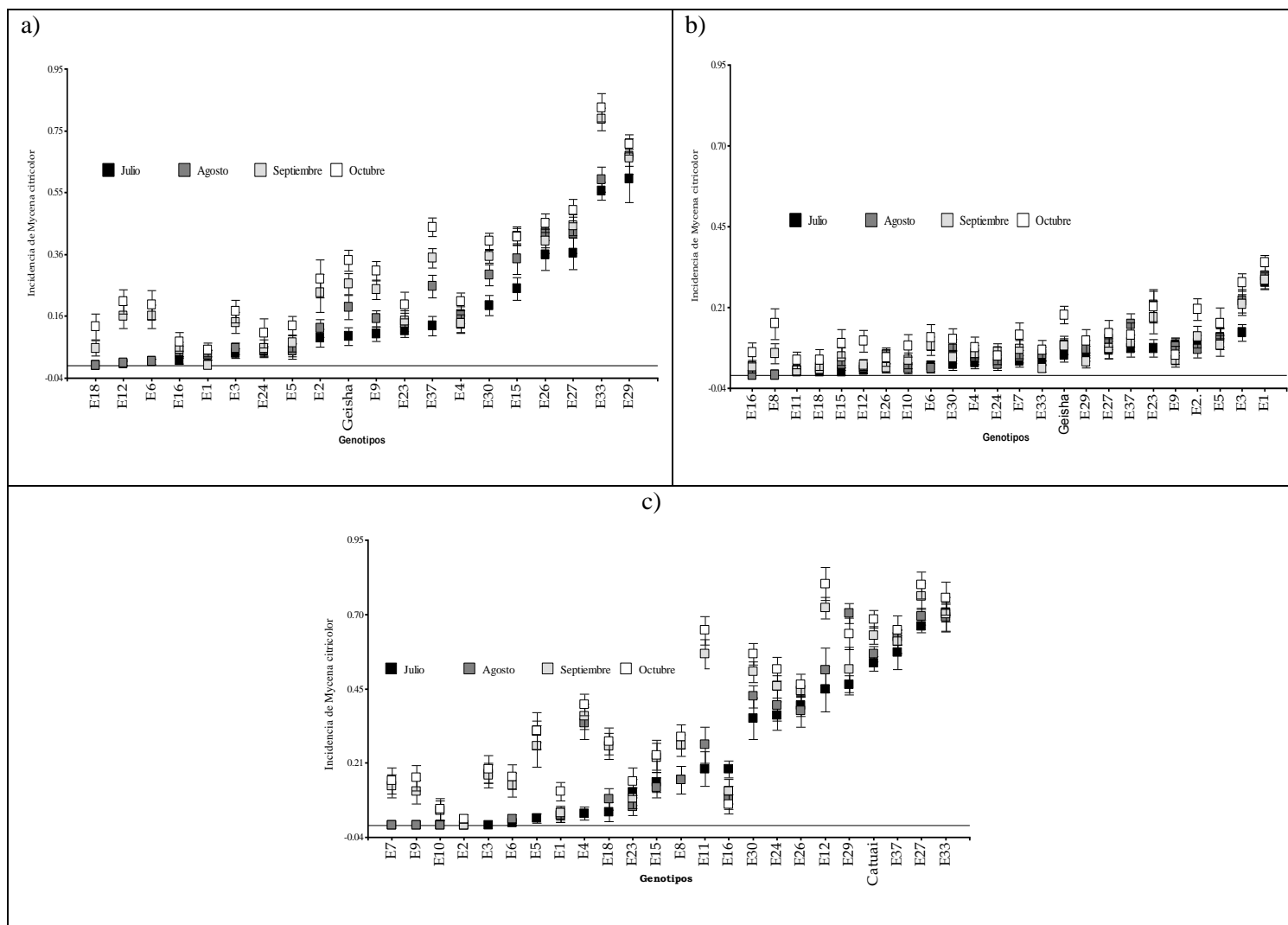


Figura 16. Incidencia de *Mycena citricolor* con medias repetidas en el tiempo en los meses julio a octubre de 2011, en los diferentes genotipos de *Coffea arabica* de las regiones de Jaramillo (a), Palmira (b) y Barú, Panamá (1154 msnm, 1560msnm, 1605 msnm, temperatura promedio anual=21.2 °C, precipitación promedio anual= 3466 mm). Las plantas tenían cinco años de edad y en general una productividad intermedia. Los datos de incidencia fueron transformados como raíz cuadrada del arcoseno de la proporción.

4.3 Genotipos cercanos al Geisha según el dendograma de distancias genéticas

En el presente estudio se evaluó cuatro genotipos E6, E16, E23 y E33 que fueron genéticamente cercanos al Geisha. De ellos, ninguno tenía una calidad similar al Geisha en los sitios de mayor altitud; sin embargo, en el sitio de menor altitud presentaron interesantes características de calidad y respuestas a las enfermedades. El genotipo E6

presentó la particularidad de expresar una mejor calidad en una menor elevación, similar al E5 que fue el café con mejor calificación en Palmira (1154 msnm). Estos dos genotipos fueron superiores en calidad al Catuai, la variedad testigo que se cultiva en la región. En cuanto a la susceptibilidad a la roya E6 resultó ser muy susceptible, pero poco susceptible al ojo de gallo. El genotipo E16 también se reveló como potencialmente interesante ya que tenía una calidad superior a Catuai (aunque inferior a E5 y E6) y que estaba entre los seis genotipos con <12% de incidencia a la roya anaranjada, y a la vez tenía una baja incidencia al ojo de gallo. Los genotipos E33 y E24 presentaron una calidad similar al Catuai, pero su comportamiento hacia las dos enfermedades fue opuesto: mientras que el genotipo E33 presentaba una menor incidencia de roya y una mayor incidencia de ojo de gallo, el E24 tenía una mayor incidencia a la roya y menor al ojo de gallo.

5 DISCUSIÓN

5.1 Calidad en función de altitud y genotipo

La interacción significativa entre genotipo y ambiente para la calidad del café indica que la asociación positiva entre la altitud y la calidad no fue consistente para todo los genotipos. Sin embargo para el Geisha y los genotipos E12, E4, E15, E29, E37, E8, E11 y E30, las características organolépticas mejoraron a una mayor altitud. Estos resultados concuerdan con otros estudios (Salazar et ál. 2000; Muschler 2001; Avelino et ál. 2005; Vaast et ál. 2005) que mencionaron que una mayor altitud puede mejorar el llenado de los granos y la calidad de la bebida. Bertrand et ál. (2006) reportaron efectos positivos para los atributos de aroma y acidez a una mayor altitud. Las temperaturas más bajas a mayor altitud, en promedio 0.7°C menos por cada 100 m de aumento en elevación, alargan el desarrollo el desarrollo y la maduración de los frutos (Guyot et ál. 1996; Van der Vossen 2009) lo cual puede modificar la composición bioquímica de los granos.

La calidad organoléptica varió de forma significativa entre los genotipos estudiados. El Geisha, E12, E4 mejoraron su calidad a una mayor altitud. En contraste los genotipos E6 y E5 alcanzaron la mejor calidad a menor altitud. Estos resultados fueron consistentes con el estudio de Calle (2009), quien reportó resultados similares para estos genotipos en la región de Palmira. Comparando los genotipos en las dos regiones con mayor altitud, Jaramillo y Barú

cuatro resultaron con mejor calidad en la región de Jaramillo que esta levemente más bajo que Barú, mientras que tres tenían una mejor calidad en la región de Barú. Sin embargo, como la diferencia en altitud entre estos dos sitios fue solamente 45 m, es probable que esas diferencias fueran causados, sobre todo, por otros factores como las condiciones edáficas, condiciones atmosféricas como la incidencia de vientos, humedad relativa, o la nubosidad así como aspectos agronómicos o de cultivo como la relación fruto/hoja. Los tres genotipos E33, E31 y E26 que tenían la misma calidad en los tres sitios podrían tener una predisposición genética hacia una mayor estabilidad genética. Los genotipos E26 y E31 con valores de calidad superiores que el Catuai, podrían tener un potencial particular para zonas muy variables en altura. Sin embargo, antes de llegar a este tipo de recomendaciones se debería estudiar este comportamiento durante más años y se deberían estudiar también otros aspectos como la productividad y su resistencia a plagas y enfermedades.

Para las características físicas de tamaño y forma de los granos Cárdenas (2007) en un estudio se realizó en la colección de café del CATIE, Turrialba Costa Rica, a una elevación de 602 msnm, encontró características similares para los genotipos E5, E23 y E29. Como el presente estudio en Boquete, Panamá. Esto indica que, para los genotipos mencionados, estos valores son relativamente estables incluso en un mayor rango de elevaciones desde los 600 m de elevación hasta los 1500 m.

5.2 Influencia de la calidad física sobre la calidad organoléptica

Estudios con variedades tradicionales reportan que los granos grandes tienen un efecto positivo sobre la calidad (Regalado 2006). Esta misma relación fue observada para los genotipos E5, E6 y Geisha en el presente estudio. Sin embargo los genotipos E29 y E26 con granos grandes no expresaron mejorías en su calidad organoléptica. Posiblemente, la calidad baja de estos dos genotipos se podría explicar por otros factores como una alta productividad que podría haber causado un nivel de estrés fisiológico, el cual podría causar una baja calidad. Cannell et ál. (1975) mencionaron que el tamaño de los granos depende mucho de la cantidad de lluvia en el momento del llenado del grano. La interacción significativa entre el tamaño de granos y la calidad organoléptica entre genotipos indica que la selección de una variedad o un genotipo por su calidad no se debería restringir al tamaño como único o principal indicador.

La existencia de genotipos con granos pequeños de buena calidad como E1, E2 y E4 ilustran este punto.

5.3 Respuestas de los genotipos al ataque de roya y ojo de gallo

De los genotipos estudiados en Panamá, seis resultaron con <12% incidencia de roya. Para la variedad E33, que resultó con la menor incidencia, Cárdenas (2007) reportó mayores incidencias bajo las condiciones de la colección de café del CATIE. Esta mayor incidencia fue probablemente causado por la mayor temperatura, ya que la colección de café del CATIE está a una menor altitud (602 msnm). Avelino et ál. (1999) reportaron que, a una menor altitud hay una mayor incidencia de la roya. Los genotipos con menor incidencia en el estudio tenían valores de incidencia menores que el Catuai que se utilizó como testigo y que tenía un 57% de incidencia. Los seis genotipos E33, E16, E18, E31, E27 y E15 con bajas incidencias fueron de procedencia Etíope y su relativamente alta tolerancia o resistencia a la roya pudo ser debido, en gran medida, a los genes SH1 y SH4 los cuales solos o en combinación con el SH5 forman varios grupos de resistencia (Avelino et ál. 1999). Los genotipos Etíopes pueden tener genes de resistencia completa o parcial (Gil et ál. 1990) lo cual reduce el impacto de la enfermedad. Además hay que recordar también que la carga fructífera determina mucho la susceptibilidad de la planta y, por ende, el crecimiento de la roya (Avelino et ál. 2006). Como los genotipos etíopes tienen normalmente una productividad baja, estos materiales podrían destinar mayores recursos a resistir infecciones, lo cual podría hacer que algunos tengan menos roya. Las bajas incidencias de *H. vastatrix* para los seis genotipos mencionados anteriormente podrían ayudar a escoger materiales más apropiados para las regiones con mayor incidencia o para emprender estudios de mejoramiento genético.

La respuesta al ataque de ojo de gallo presentó mucha variación en las tres regiones con diferente altitud. Bajo las condiciones de Palmira, Baru y Jaramillo se encontraron siete genotipos E10, E1, E6, E18, E16, E5 y E12 con incidencias de <10%. Es interesante notar que estos materiales son de porte alto con entrenudos largos, lo cual podría ser un factor importante para reducir el progreso de la enfermedad en su progreso de hoja a hoja. También hay que señalar que la época de evaluación para el ojo de gallo en el estudio no fue la más apropiada ya que se evaluó durante los meses de julio a octubre, un periodo que no coincidió completamente con la época de mayor desarrollo de la enfermedad, que típicamente, se da en

los meses de octubre y noviembre. La interacción significativa entre genotipo y ambiente indica que la respuesta al ambiente no fue la misma para todos los genotipos. Los genotipos E6, E18, E16 con menor incidencia de *M. citricolor* en las tierras altas de Panamá, podrían ser buenas opciones para reducir el impacto ocasionados por esta enfermedad importante.

5.4 Limitantes del estudio

A pesar de los limitantes debido a un diseño de las parcelas que es poco apropiado para un estudio riguroso, la importancia de este estudio exploratorio y comparativo para la caficultura del futuro motivó a buscar herramientas para recolectar y analizar la información de la mejor forma posible.

Las limitantes principales fueron:

1. Las parcelas experimentales no tenían un diseño apropiado al momento de establecer estas parcelas. En particular, estudios futuros deberían contemplar más ejemplares por genotipo y contar con áreas suficientemente homogéneas y grandes para obtener datos con mayor valor estadístico.
2. No se tenían suficientes repeticiones en cada ambiente y no había, suficiente plantas por genotipo. Estudios futuros deberían tener al menos 3 a 4 repeticiones por genotipo y unas 25 plantas a ser evaluadas en cada parcela.
3. No existen registros detallados para respaldar la homogeneidad pedológica de los sitios experimentales. Ejercicios de mapeo de las características principales de suelo faltan. Para estudios a largo plazo es esencial contar con información detallada sobre las características y la homogeneidad de los suelos.
4. Por la falta de parcelas replicadas bajo diferentes niveles de sombra no fue posible evaluar el rol de sombra sobre la calidad.
5. El diseño de las parcelas no favoreció la evaluación de ojo de gallo, ya esta enfermedad se desarrolla por focos, le faltó más ejemplares por genotipo.
6. Las evaluaciones reflejan solamente datos de un año de cosecha. Por ende, los datos del presente estudio se deben considerar como preliminares y deben ser complementados con la información de otros años.
7. Por limitantes logísticas y el número limitado de plantas por genotipo no fue posible evaluar la productividad de las plantas. Trabajos futuros deberían evaluar la productividad de una manera rigurosa para permitir el análisis de las relaciones entre calidad, productividad y la incidencia de plagas y enfermedades.

6 CONCLUSIONES

Las principales conclusiones del estudio son:

1. El presente estudio con 24 genotipos procedentes de la colección de café del CATIE confirmó que los factores de altitud y genotipo tienen efecto significativo sobre la calidad.
2. Los siete genotipos considerados de mejor calidad (Geisha, E12, E4, E5, E15, E6, E29) superaron los 83 puntos, llegando hasta un máximo de 90.5 puntos. En el caso del Geisha el mejor genotipo, en los dos sitios de mayor elevación. De estos siete mejores cinco alcanzaron su mejor calidad solamente a mayores alturas (1605 msnm), mientras que los genotipos E5 y E6 mantuvieron su calidad alta (85 y 86 puntos, respectivamente) también en los sitios de menor altura (1154 msnm).
3. Para poder identificar nuevos genotipos promisorios, la información sobre la calidad de granos debería ser complementada por información sobre su productividad.
4. Aunque existe una relación levemente positiva entre el tamaño de grano y la calidad para muchos genotipos, esta relación no fue universal para todos los genotipos: los genotipos E23 y E26 tenían altos porcentajes de granos grandes pero tenían baja calidad; en contraste los genotipos E2 y E1 tenían granos pequeños de buena calidad. Adicionalmente, el genotipo de mejor calidad tenía una diferencia marcada en tamaños de sus granos provenientes de las dos zonas altas sin afectar su calidad extraordinaria.
5. En Palmira, la zona más baja, los genotipos menos susceptibles a roya fueron E33, E18, E31, E16, E15 y E27 con incidencia menores al 12%; de estos genotipos dos E16 y E31 presentaron una calidad superior al Catuai, una de las variedades de mayor cultivo en esta región.
6. Los genotipos menos susceptibles al ojo de gallo fueron E16, E18, E26, E12, E10, E6, E5 y E24 a altitudes superiores de 1560 msnm, y los genotipos E2, E10, E1, E9, E7 y E6 en altitudes inferiores.
7. Para Palmira, la zona más baja, el genotipo más promisorio al combinar una alta calidad con una baja incidencia de ojo de gallo, posiblemente indicando una menor susceptibilidad fue el genotipo E6.

7 RECOMENDACIONES

Las conclusiones y limitantes del presente estudio permiten generar las siguientes recomendaciones para trabajos posteriores dirigido hacia similares estudios a estudiar la calidad de nuevos genotipos:

1. Estudiar el comportamiento de los genotipos de mejor calidad en Palmira (E5 y E6) en otros sitios de menor elevación, incluyendo estudios en regiones menores a 1000 msnm y bajo diferentes niveles de sombra y sistemas de manejo.
2. En próximos estudios sobre la calidad de diferentes genotipos, separar rigurosamente los factores climáticos, de factores edáficos y agronómicos.
3. Establecer parcelas suficientemente grandes para permitir las evaluaciones de productividad y para obtener muestras más grandes para pruebas de calidad.
4. Para los genotipos que presentaron una buena calidad y baja incidencia de las enfermedades de roya y ojo de gallo (E12, E6, E16 y E5) estudiar la relación entre productividad y calidad bajo diferentes condiciones ambientales y agronómicas.
5. Obtener datos de al menos 3 a 4 años de cosecha para poder evaluar la productividad y calidad con datos más sólidos.
6. Con los genotipos con bajas incidencias al ataque de roya (E33, E18, E31, E16, E15 y E27) confirmar su tolerancia estableciendo experimentos bajo diferentes condiciones de ambiente y con inoculaciones artificiales del patógeno.
7. Con los genotipos que presentaron menor ataque de ojo de gallo realizar pruebas de desarrollo de la enfermedad en ambientes con alta incidencia de enfermedad.
8. Para futuros estudios asegurar que los diseños experimentales de las parcelas permitan evaluar la calidad, productividad y la incidencia a enfermedades con el rigor necesario.

8 BIBLIOGRAFÍA

- Anthony, F; Astorga, C; Berthaud, J. 1999. Los recursos genéticos: Las bases de una solución genética a los problemas de la caficultura latinoamericana. *In* Bertrand, B; Rapidel, B. eds. Desafíos de la caficultura en Centroamérica. San Jose. CR. IICA. p. 369-406.
- Anthony, F; Combes, MC; Astorga, C; Bertrand, B; Graziosi, G; Lashermes, P. 2002. The origin of cultivated *Coffea arabica* L. varieties revealed by AFLP and markers. *Theoretical and Applied Genetics* 104 (5): 894-900.
- Anthony, F; Astorga, C; Avendaño, J; Dulloo, E. 2007. Conservation of coffee genetic resources in the CATIE field genebank *In* Engelman, Dulloo, E; Astorga, C; Duseert, S; Anthony, F. eds. Complementary strategies for ex-situ conservation of coffee (*Coffea arabica* L.) genetic resources. A case study in CATIE, Costa Rica, Topical reviews in Agricultural Biodiversity. Roma, IT, Biodiversity International. p. 23-34.
- Arellano, J; Prado, E; Rosado, O. 2008. Relación de los nutrientes del suelo con las características físicas y sensoriales del café orgánico. *Terra latinoamericana*, 26(4), 376.
- Arosemena, JT. 2010. Gestión del recurso hídrico en la cuenca alta del río Caldera, Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 211 p.
- Astorga, CG. 1999. Caracterización de variedades cultivadas de café (*Coffea arabica* L.) conservadas en el banco de germoplasma del CATIE. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 112 p.
- Avelino, J; Muller, R; Eskes, AB; Sacramento, R; Holguin, F. 1999. La roya anaranjada del cafeto: mito y realidad. *In* Bertrand, B; Rapidel, B. eds. Desafíos de la caficultura en Centroamérica. San Jose. CR. IICA. p. 193-241.
- Avelino, J; Perriot, JJ; Guyot, B; Pineda, C; Decazy, F; Cilas, C. 2002. Vers une identification de coffees-terroir au Honduras. *In* CIRAD (Centro de Cooperation Internationale en Recherche Agronomique pour le Developpement) ed. Recherche et cafeiculture. Montpellier Cedex, FR. p. 6-16.
- Avelino, J; Barboza, B; Araya, J; Fonseca, C; Devrieux, F; Guyot, B; Cilas, C. 2005. Effects of slope exposure altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica Orosi and Santa Maria de Dota. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 85: 1869-1876.

- Avelino, J; Zelaya, H; Merlo, A; Pineda, A; Ordoñez, M, Savary, S. 2006. The intensity of a coffee rust epidemic is dependent on production situations. *Ecological Modelling* 197, 431-447.
- Avelino, J; Cabut, S; Barboza, B; Barquero, M; Alfaro, R; Esquivel, C; Durand, JF; Ciles, C. 2007. Topography and crop management area key factors for the development of American leaf spot epidemics on coffee in Costa Rica. *Phytopathology* 97: 1532-1542.
- Bertrand, B; Aguilar, G; Sacramento, R; Anzueto, F. 1999. El mejoramiento genético en América Central: *In* Bertrand, B; Rapidel, B. eds. *Desafíos de la caficultura en Centroamérica*. San José, CR. IICA. p. 402-449.
- Bertrand, B; Vast, P; Alpizar, E; Etienne, H; Davrieux, F; Charmentant, P. 2006. Comparison of bean biochemical composition and beverage quality of Arabica hybrids involving Sudanese-Ethiopian origins with traditional varieties at various elevations in Central America. *Tree Physiology*, 26(9): 1239.
- Bertrand, B; Guyot, B; Anthony, F. Lashermes, P. 2003. Impact of *Coffea canephora* introgression genes on beverage quality on *C. arabica*. *Theor. Appl. Genet.* 107:387-394.
- Bertrand, B; Etienne, H; Cilas, C; Charrier, A; Baradat, P. 2005. *Coffea arabica* hybrid performance for yield, fertility and bean weight. *Euphytica*. 141: 255-262.
- Bornemisza, 1998. Oligoelementos en la nutrición del cafeto. *En: Curso Regional sobre Nutrición Mineral del Café*. IICA-PROMECAFE. San José, Costa Rica. Pag. 135-140.
- Calle, F. 2009. Calidad en taza y caracterización del color de las hojas jóvenes de 22 variedades de café. Tesis Ing. Agr. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 24 p.
- Canet, G; Garcia A. 2010. PROMECAFE: acciones y logros 2000-2010. IICA/PROMECAFE. Guatemala, 81 p.
- Cannell, MGR. 1975. Crop physiological aspects of coffee bean yields: a review. *Journal of Coffee Research* 5:7-20.
- Cárdenas, SI. 2007. Caracterización morfológica y agronómica de la colección núcleo de café (*Coffea arabica* L.) del CATIE. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 117 p.

- Charrier, A; Bertraud, J. 1985. Botanical classification of coffee. In Clifford, MN and Willson, KC. Eds. Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage. Croom Held, London. P. 13-47.
- Clay, J. 2004. Coffee. *In* World Agriculture and the Environment. Washington, DC: Island Press. P. 69-91.
- Davis, AP; Govaerts, R; Bridson, DM; Stoffelen, P. 2006. An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rubiaceae). Botanical Journal of the Linnean Society 152 (4): 465-512.
- Dulloo, DE; Charrier, A; Dussert, S; Anthony, F; Tesfaye, S; Rakotomala, JJ; Agwanda, C; Legnate, S. 2001. Conservation of coffee genetic resources: constraints and opportunities. *In* International Scientific Colloquium on coffee. Trieste, IT. ASIC 10 p.
- Ebert, AW. 2005. CATIE: Coffee Germoplasm center for the Western Hemisphere. *In* Specialty Coffee Association of America (SCAA) Annual Conference & Exhibition (17th SCAA, 15-18 April de 2005). Washington, USA. 10 p.
- Ebert, AW. 2008. Flujos de germoplasma facilitado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza dentro y fuera del Latinoamérica. Recursos Naturales y Ambiente. 53: 62-71.
- Ebert, AW; Astorga, C; Ebert, ICM; Mora, A; Umaña C. 2007. Securing our future - CATIE's germoplasm collections, (Asegurando nuestro futuro – Colecciones de germoplasma del CATIE). Turrialba, CR, CATIE. 204 p. (Serie técnica. Boletín Técnico no. 26).
- Eskes, AB; Leroy. 2004. Coffee Selection and Breeding. *In* Coffee: growing, processing, Sustainable Production: a Guide Book for Growers, Processors, Traders, and Researchers. Corseaux, CH, Wiley-VCH. p. 37-86.
- Gil, SL, Berry D, Baiysse D. 1990. Research on incomplete resistance to *Hemileia vastatrix* Berk et Br. in a group of genotypes of *Coffea arabica* L. from Ethiopia. Café Cacao The 34: 105-144.
- Fischersworring, HB; Roßkamp, RR. 2001. Guía para la Caficultura Ecológica. 3 ed. Popayán, GTZ. 150 p.
- Franceschi, LF. 2002. Evaluación etnobotánica y socioeconómica de la zona de amortiguamiento del parque internacional la Amistad; enfoques que promuevan la

- conservación de la cuenca alta rio Caldera, Boquete, Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 142 p.
- Friis, I. 1979. The wild populations of *Coffea arabica* L., and cultivated coffee. In Kenkel, G. Taxonomic Aspects of African Economic Botany. Proceeding of the IX plenary meeting of ARTFAT. Las Palmas de Gran Canaria, pp.18-23.
- Geel, L; Kinnear, M; Rock, H. 2005. Relating consumer preferences to sensory attributes of instant coffee. Food Quality and Preference. (26) 237-244 p.
- Guerra, BD. 2004. Experiencia del manejo de las enfermedades fungosas presentes en el cultivo de café (*Coffea arabica*) en fincas de pequeños caficultores en la aldea la montaña Moruta, Jutiapa. Tesis Lic. Agr. Guatemala, USAC. 55pag.
- Gurdián, A. 2010. Efecto de los sistemas agroforestales del café y del contexto del paisaje sobre la roya (*Hemileia vastatrix*), broca (*Hypothenemus hampei*) (Ferrari) y los nematodos (*Meloidogyne* spp.), con diferentes certificaciones en la provincia de Cartago, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 102 p.
- Gole, TW. 2003. Vegetation of the Yayu Forest in SW Ethiopia: Impacts of human use and implications for *in situ* Conservation of wild *Coffea arabica* L. populations. Ecology and Development series No. 10.
- Gole, TW; Denich, M. 2001. Diversity of traditional coffee production systems in Ethiopia and their contribution to conservation of genetic diversity. Conference on International Agricultural Research for Development, Bonn, Germany.
- Guyot, B; Manez, JJ; Perriot, J; Giron, J; Villain, L. 1996. Influence de l'altitude et de l'ombrage sur la qualité des cafés arabica. Plant. Rech. Dév. 3: 272-280.
- Gutiérrez, G. (Ed.) 1983. Evaluación de tres densidades de siembra, usando seis cultivares de *Coffea arabica* L. VI Simposio Latinoamericano sobre Caficultura Panamá Panamá, PA, IICA. 324 p.
- ICO (International Coffee Organisation). Coffee market report (en línea). London, GB. Consultado 29 de agost. 2011. Disponible en <http://www.ico.org/documents/cmr-0910-e.pdf>.
- Kathurima, C; Gichimu, B; Kenji, G; Muhoho, S; Boulanger, R. 2009. Evaluation of beverage quality and green bean physical characteristics of selected Arabica coffee genotype in Kenya. African Journal of Food Science 3(11):365-371

- Lara, LD. 2005. Efectos de la altitud, sombra, producción y fertilización sobre la calidad del café (*Coffea arabica* L. var. caturra) producido en sistemas agroforestales de la zona cafetalera norcentral de Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 106 pag.
- Lashermes, P; Paczek, V; Trouslot, P; Combes, MC; Cuturon, E; Carrier, A. 2000. Single-locus inheritance in the allotetraploid *Coffea arabica* L. and interspecific hybrid *C. arabica* x *C. canephora*. J. Hered. 91:81-85.
- Lewin, B; Giovannuci, D; Varangis, P. 2004. Coffee Markets: New Paradigms in Global Supply and Demand. World Bank. 149 p.
- Lingle, TR. 2011. Fundamentos de la Catación del Café. Serie de Manuales (Specialty Coffee Association of America) 4 ed. Long Beach, CA, USA. 43pag.
- Lingle, TR. 2011. Manual del Catador de Café. Serie de manuales (Specialty Coffee Association of America) 4 ed. Long Beach, CA, USA. 68p.
- López, A. 2001. Caracterización molecular y morfológica de aislamientos del hongo *Mycena citricolor* colectado en diferentes zonas cafetaleras de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 106 p.
- Martini, JA. 1969. Distribución geográfica y caracterización de los suelos derivados de cenizas volcánicas en Centroamérica. In Fernández, E. ed. Suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. San José, CR. IICA. p 15-60.
- Meyer, F. 1965. Notes on wild *Coffea arabica* from southwestern Ethiopia, with some historial considerations. Economic Botany 19: 136-151.
- Miranda, A. 2006. El café Geisha de Panamá rompe record mundial. Programa Nacional de café. MIDA. 9 p.
- Muschler, RG. 2004. Shade management and its effect on coffee growth and quality. En: Wintgens J-N (ed.) 2004. Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. A Guidebook, for Growers, Grocessors, Traders and Researchers. Wiley-VCH. pp. 391-418
- Muschler, RG. 2001. Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. Agroforestry Systems 51(2):131-139.
- Muller, RA; Berry, D; Avelino, J; Bieysse, D. 2004. Coffee diseases, In Wintgens, J N (ed.) Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production; A Guidebook for Prowers, Processors, Traders, and Reasearchers. Corseaux, CH. p. 491-545.

- Rao, DV; Tewari, JP. 1987. Production of oxalic acid by *Mycena citricolor*, causal agent of the American leaf spot of coffee. *Phytopathol.* 77:780-785.
- Regalado, OA. 2006. ¿Qué es la calidad del café? Chapingo, ME. Universidad Autónoma de Chapingo 309 p.
- Saco, A; Alarcón, G. 2006. Informe Catación: Capacitación de Promotores en Análisis de calidad de taza en café. Perú: Soluciones Prácticas ITDG y Caritas Jaén.
- Saito, M. 2004. Sustainable Coffee Production. In Wintgens, J N (ed.) *Coffee: Growing Processing Sustainable Production*. Corseaux, Wiley- VCH. P. 385-390.
- Samoyoa, JO; Sánchez, V. 2000. Enfermedades foliares en café orgánico y convencional. *Manejo Integrado de Plagas.* 58:9-19.
- Samper, M. 1999. Trayectoria y viabilidad de las caficulturas Centroamericanas. In Bertrand, B; Rapidel, B. eds. *Desafíos de la Caficultura en Centroamérica*. San Jose. CR. IICA. p. 1-68.
- Santoya, VH; Díaz, S; Escamilla, E; Robledo, JD. 1996. Factores agronómicos y calidad del café. Chapingo. México. Universidad Autónoma Chapingo/Confederación Mexicana de productores de café. 21 p.
- Senbeta, WF. 2006. Biodiversity and ecology of afro-montane rainforests with wild *Coffea arabica* L. populations in Ethiopia. *Ecology of and Development Series No. 38*, Center for Development Reserch. University of Bonn. Germany.
- Salazar, E; Muschler, R; Sánchez, V; Jiménez, F. 2000. Calidad de *Coffea arabica* bajo sombra de *Erythrina poeppigiana* a diferentes elevaciones en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 7(26):40-42.
- Silva. MC do; Várzea, V; Guerra G, L; Gil A, H; Fernandez, D, AS; Bertrand, B; Lashermes, F; Nicole, M. 2006. Coffee resistance to the main diseases: leaf rust and coffee berry disease. *Braz. Journal Plant Physiol.* 18(1):119-147.
- Solís, H; Cuevas, J. 1995. Modelación hidrológica e hidráulica en la Cuenca del Rio Caldera. IEHE/CATIE. Panamá. 72 p.
- Sylvain, P; Córdoba, J. 1968. Lista de introducciones de café del Departamento de Fitotecnia y Suelos. *Publicación Miscelánea (IICA)*. 48-96 p.
- Tejada, E; Bocharel, F. 2010. Cotización de café Geisha rompe record mundial. La Prensa, Panamá.

- Tedesse, M; Nigatu, L. 1996. An ecological and ethnobotanical study of wild or spontaneous coffee, *Coffea arabica* in Ethiopia. In: J.G. van der Maesen et ál. (Eds.) The Biodiversity of African Plants. p 277-294.
- Pérez, J; Gutiérrez, G.1978. Respuestas de algunos cultivares de *Coffea arabica* a diferentes densidades de siembra. Agronomía de Costarricense. San José, CR. p. 61-68.
- Ponce, P. 2001. Coffee markets in East Africa: Local responses to global challenges or global responses to local challenges? Working paper sub-series on Globalisation and Economic Restructuring in Africa No. XV, CDR working paper 01.5. September 2001. Published and distributed by the Centre for Development Research, Copenhagen.
- Vaast, P; Bertrand, B. 2005. Date of harvest and altitude influence bean characteristics and beverage quality of *Coffea arabica* in intensive management conditions. HortScience In press.
- Vaast, P; Bertrand, B; Perriot, J; Guyot, B; Génard, M. 2006. Fruit thinning and shade improves bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. Journal of the Science of Food and Agriculture. 86(2): 197-204.
- Van der Vossen, H. A. M. 2009. The cup of disease – resistant cultivars of arabica coffee (*Coffea arabica*). Experimental Agriculture. 45:223-232.
- Wang, A; Avelino, J. 1999. El ojo de gallo del cafeto (*Mycena citricolor*). In Bertrand, B; Rapidel, B. eds. Desafíos de la Caficultura en Centroamérica. San José, CR, IICA. p 243-260.
- Wintgens, J. 2004. Factors influencing the quality of green coffee. In Wintgens. eds. Coffee: Growing Processing Sustainable Production. Corseaux, Wiley- VCH. Pag. 798-898.

ANEXOS

Anexo 1. Formulario de Catación elaborado por la Asociación de Cafés Especiales de América



Specialty Coffee Association of America Coffee Cupping Form

Name: _____

Date: _____

Quality scale:				
6.00 - Good	7.00 - Very Good	8.00 - Excellent	9.00 - Outstanding	
6.25	7.25	8.25	9.25	
6.50	7.50	8.50	9.50	
6.75	7.75	8.75	9.75	

Sample #	Roast Level of Sample	Score:	Score:	Score:	Score:	Score:	Score:	Score:	Total Score
		Flavor/Aroma	Flavor	Acidity	Body	Uniformity	Clean Cup	Overall	
		Dry Quantity: Beans	Aftertaste Score:	Intensity High Low	Liveliness Heavy Thin	Balance Score:	Sweetness Score:	Defects (subtract) Taint=2 # cups Intensity Fault=4 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> =	
		Notes:	Final Score						

Sample #	Roast Level of Sample	Score:	Score:	Score:	Score:	Score:	Score:	Score:	Total Score
		Flavor/Aroma	Flavor	Acidity	Body	Uniformity	Clean Cup	Overall	
		Dry Quantity: Beans	Aftertaste Score:	Intensity High Low	Liveliness Heavy Thin	Balance Score:	Sweetness Score:	Defects (subtract) Taint=2 # cups Intensity Fault=4 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> =	
		Notes:	Final Score						

Sample #	Roast Level of Sample	Score:	Score:	Score:	Score:	Score:	Score:	Score:	Total Score
		Flavor/Aroma	Flavor	Acidity	Body	Uniformity	Clean Cup	Overall	
		Dry Quantity: Beans	Aftertaste Score:	Intensity High Low	Liveliness Heavy Thin	Balance Score:	Sweetness Score:	Defects (subtract) Taint=2 # cups Intensity Fault=4 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> =	
		Notes:	Final Score						

June 2003

Anexo 2. Medidas de ajuste del modelo para la evaluación organoléptica

N	AIC	BIC	loglink	Sigma	R2 0
240	821.35	1016.12	-349.67	1.34	0.82

AIC y BIC menores implica mejor

Anexo 3. Pruebas de hipótesis marginales

	numDF	F-valor	p-valor
(Intercept)	1	904596.69	<0.0001
Variedad_Región	59	13.63	<0.0001

Anexo 4. Comparación de medias para las evaluaciones organolépticas, usando la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0.05$)

Variedad_Región	Media		Variedad_Región	Media	
Geisha Barú	90.50	A	E29 Barú	81.88	JKLMNOP
Geisha Jaramillo	88.75	AB	E30 Jaramillo	81.81	KLMNOPQ
E12 Jaramillo	87.50	BC	E9 Palmira	81.78	KLMNOPQ
E5 Jaramillo	86.25	CD	E3 Jaramillo	81.69	KLMNOPQR
E4 Jaramillo	86.25	CD	E26 Jaramillo	81.63	LMNOPQRS
E5 Palmira	85.63	DE	E31 Barú	81.63	LMNOPQRS
E6 Palmira	85.25	DEF	E10 Palmira	81.56	LMNOPQRST
E15 Jaramillo	85.13	DEF	E26 Palmira	81.38	LMNOPQRSTU
E4 Barú	84.88	DEF	E27 Palmira	81.25	LMNOPQRSTUW
E2 Jaramillo	84.81	DEF	E37 Palmira	81.19	LMNOPQRSTUW
E1 Jaramillo	84.56	DEFG	E26 Barú	81.06	LMNOPQRSTUWX
E29 Jaramillo	84.25	EFGH	E7 Palmira	81.00	MNOPQRSTUWX
E6 Jaramillo	84.06	EFGHI	E28 Barú	80.69	NOPQRSTUWXY
E23 Barú	84.00	EFGHI	E8 Palmira	80.63	NOPQRSTUWXY
E37 Jaramillo	83.69	FGHIJK	E24 Jaramillo	80.63	NOPQRSTUWXY
E8 Jaramillo	83.50	FGHIJK	E18 Jaramillo	80.63	NOPQRSTUWXY
E30 Barú	82.88	GHIJKL	E7 Jaramillo	80.50	OPQRSTUWXY
E6 Barú	82.88	GHIJKL	E33 Jaramillo	80.38	PQRSTUWXY
E12 Palmira	82.75	GHIJKLM	E27 Barú	80.00	QRSTUWXYZ
E16 Jaramillo	82.69	HIJKLM	E3 Palmira	79.88	RSTUWXYZ
E1 Barú	82.38	IJKLMN	E3 Barú	79.81	STUWXYZ
E31 Jaramillo	82.38	IJKLMN	E29 Palmira	79.75	TUWXYZ
E11 Jaramillo	82.25	IJKLMNO	E24 Palmira	79.63	UWXYZ
E9 Jaramillo	82.25	IJKLMNO	E18 Palmira	79.50	WXYZ
E31 Palmira	82.25	IJKLMNO	E33 Palmira	79.50	WXYZ
E2 Barú	82.25	IJKLMNO	Catuai Palmira	79.25	XYZ
E4 Palmira	82.25	IJKLMNO	E33 Barú	79.13	YZ
E16 Palmira	82.13	JKLMNOP	E11 Palmira	78.88	YZ
E23 Jaramillo	82.00	JKLMNOP	E15 Palmira	78.50	Z
E10 Jaramillo	82.00	JKLMNOP	E30 Palmira	78.50	Z

Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($\alpha = 0.05$)

Anexo 5. Medidas de ajuste del modelo la evaluación de atributo de fragancia

N	AIC	BIC	loglink	Sigma	R2 0
240	266.26	461.03	-72.13	0.29	0.69

AIC y BIC menores implica mejor

Anexo 6. Pruebas de hipótesis marginales

	numDF	F-valor	p-valor
(Intercept)	1	164641.06	<0.0001
Variedad_Región	59	6.65	<0.0001

Anexo 7. Comparación de medias para las evaluaciones de la fragancia, usando la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0.05$)

Variedad_Región	Media		Variedad_Región	Media	
Geisha Barú	8.88	A	E3 Jaramillo	7.50	EFGHIJK
Geisha Jaramillo	8.75	AB	E10 Jaramillo	7.50	EFGHIJK
E4 Jaramillo	8.38	BC	E30 Jaramillo	7.50	EFGHIJK
E12 Jaramillo	8.25	CD	E9 Palmira	7.50	EFGHIJK
E5 Jaramillo	7.88	DE	E27 Palmira	7.50	EFGHIJK
E23 Barú	7.88	DE	E10 Palmira	7.44	FGHIJK
E4 Barú	7.88	DE	E28 Barú	7.44	FGHIJK
E2 Jaramillo	7.81	EF	E29 Barú	7.44	FGHIJK
E6 Palmira	7.81	EF	E33 Jaramillo	7.38	GHIJKL
E1 Jaramillo	7.75	EFG	E29 Palmira	7.38	GHIJKL
E37 Jaramillo	7.75	EFG	E26 Palmira	7.38	GHIJKL
E5 Palmira	7.75	EFG	E24 Palmira	7.38	GHIJKL
E15 Jaramillo	7.75	EFG	E18 Jaramillo	7.38	GHIJKL
E26 Barú	7.69	EFGH	E18 Palmira	7.31	IJKL
E16 Jaramillo	7.69	EFGH	E24 Jaramillo	7.25	IJKLM
E1 Barú	7.63	EFGHI	E16 Palmira	7.25	IJKLM
E6 Jaramillo	7.63	EFGHI	E8 Palmira	7.25	IJKLM
E6 Barú	7.63	EFGHI	E33 Barú	7.25	IJKLM
E9 Jaramillo	7.63	EFGHI	E3 Barú	7.25	IJKLM
E29 Jaramillo	7.63	EFGHI	E11 Jaramillo	7.25	IJKLM
E12 Palmira	7.63	EFGHI	E7 Palmira	7.25	IJKLM
E31 Palmira	7.63	EFGHI	E7 Jaramillo	7.25	IJKLM
E30 Barú	7.56	EFGHIJ	Catuai Palmira	7.19	JKLM
E8 Jaramillo	7.56	EFGHIJ	E3 Palmira	7.13	KLM
E23 Jaramillo	7.56	EFGHIJ	E37 Palmira	7.13	KLM
E31 Jaramillo	7.56	EFGHIJ	E27 Barú	7.13	KLM
E2 Barú	7.50	EFGHIJK	E11 Palmira	7.00	LM
E26 Jaramillo	7.50	EFGHIJK	E30 Palmira	7.00	LM
H4 Palmira	7.50	EFGHIJK	E33 Palmira	7.00	LM
E31 Barú	7.50	EFGHIJK	E15 Palmira	6.88	M

Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($\alpha = 0.05$)

Anexo 8. Medidas de ajuste del modelo la evaluación de atributo de Sabor

N	AIC	BIC	loglink	Sigma	R2 0
240	283.12	477.89	-80.56	0.30	0.71

AIC y BIC menores implica mejor

Anexo 9. Pruebas de hipótesis marginales

	numDF	F-valor	p-valor
(Intercept)	1	150203.82	<0.0001
Variedad_Región	59	7.31	<0.0001

Anexo 10. Comparación de medias para las evaluaciones del atributo del sabor, usando la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0.05$)

Variedad_Región	Media		Variedad_Región	Media	
Geisha Barú	8.63	A	E37 Palmira	7.50	HIJKLM
Geisha Jaramillo	8.50	AB	E37 Jaramillo	7.50	HIJKLM
E12 Jaramillo	8.38	ABC	E31 Barú	7.50	HIJKLM
E4 Jaramillo	8.19	BCD	E2 Barú	7.44	IJKLM
E4 Barú	8.13	BCDE	E6 Barú	7.44	IJKLM
E5 Jaramillo	8.13	BCDE	E7 Palmira	7.44	IJKLM
E1 Jaramillo	8.13	BCDE	E26 Palmira	7.38	IJKLMN
E5 Palmira	8.13	BCDE	E27 Palmira	7.38	IJKLMN
E6 Palmira	8.06	CDEF	E23 Jaramillo	7.38	IJKLMN
E2 Jaramillo	8.00	CDEFG	E26 Barú	7.38	IJKLMN
E6 Jaramillo	7.88	DEFGH	E16 Jaramillo	7.38	IJKLMN
E15 Jaramillo	7.75	EFGHI	E10 Palmira	7.31	JKLMN
E12 Palmira	7.75	EFGHI	E24 Jaramillo	7.31	JKLMN
E23 Barú	7.75	EFGHI	E3 Palmira	7.25	KLMN
E11 Jaramillo	7.69	FGHIJ	E27 Barú	7.25	KLMN
E10 Jaramillo	7.63	GHIJK	E28 Barú	7.25	KLMN
E8 Jaramillo	7.63	GHIJK	E33 Jaramillo	7.25	KLMN
E30 Barú	7.63	GHIJK	E18 Jaramillo	7.19	LMNO
E29 Barú	7.63	GHIJK	E8 Palmira	7.19	LMNO
E29 Jaramillo	7.63	GHIJK	E33 Palmira	7.13	MNO
E4 Palmira	7.63	GHIJK	E7 Jaramillo	7.13	MNO
H26 Palmira	7.56	HIJKL	E3 Barú	7.13	MNO
H9 Palmira	7.50	HIJKLM	Catuai Palmira	7.13	MNO
H3 Jaramillo	7.50	HIJKLM	E18 Palmira	7.00	NOP
H31 Jaramillo	7.50	HIJKLM	E33 Barú	7.00	NOP
H30 Jaramillo	7.50	HIJKLM	E29 Palmira	7.00	NOP
H16 Palmira	7.50	HIJKLM	E24 Palmira	7.00	NOP
H31 Palmira	7.50	HIJKLM	E11 Palmira	7.00	NOP
H1 Barú	7.50	HIJKLM	E15 Palmira	6.81	OP
H9 Jaramillo	7.50	HIJKLM	E30 Palmira	6.63	P

Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($\alpha = 0.05$)

Anexo 11. Medidas de ajuste del modelo la evaluación de atributo de Resabio

N	AIC	BIC	loglink	Sigma	R2 0
240	265.69	460.46	-71.84	0.29	0.66

AIC y BIC menores implica mejor

Anexo 12. Pruebas de hipótesis marginales

	numDF	F-valor	p-valor
(Intercept)	1	157236.72	<0.0001
Variedad_Región	59	5.96	<0.0001

Anexo 13. Comparación de medias para las evaluaciones del atributo del Resabio, usando la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0.05$)

Variedad_Región	Media	Variedad_Región	Media
Geisha Barú	8.50	A	
Geisha Jaramillo	8.13	AB	
E5 Jaramillo	8.00	BC	
E12 Jaramillo	7.88	BCD	
E4 Jaramillo	7.81	BCD	
E6 Palmira	7.75	BCDE	
E5 Palmira	7.75	BCDE	
E15 Jaramillo	7.75	BCDE	
E23 Barú	7.69	CDEF	
E29 Jaramillo	7.63	CDEFG	
E1 Jaramillo	7.63	CDEFG	
E6 Jaramillo	7.63	CDEFG	
E2 Jaramillo	7.63	CDEFG	
E8 Jaramillo	7.56	DEFGH	
E30 Barú	7.56	DEFGH	
E4 Barú	7.50	DEFGHI	
E30 Jaramillo	7.50	DEFGHI	
E31 Jaramillo	7.50	DEFGHI	
E10 Jaramillo	7.38	EFGHIJ	
E23 Jaramillo	7.38	EFGHIJ	
E6 Barú	7.38	EFGHIJ	
E9 Jaramillo	7.38	EFGHIJ	
E11 Jaramillo	7.38	EFGHIJ	
E16 Palmira	7.38	EFGHIJ	
E12 Palmira	7.38	EFGHIJ	
E31 Palmira	7.38	EFGHIJ	
E4 Palmira	7.38	EFGHIJ	
E2 Barú	7.31	FGHIJ	
E27 Palmira	7.25	GHIJK	
E31 Barú	7.25	GHIJK	
E7 Palmira	7.25		
E37 Jaramillo	7.25		
E33 Jaramillo	7.25		
E26 Barú	7.25		
E24 Jaramillo	7.25		
E29 Barú	7.25		
E1 Barú	7.25		
E16 Jaramillo	7.25		
E37 Palmira	7.19		
E10 Palmira	7.19		
E26 Jaramillo	7.19		
E18 Jaramillo	7.19		
E3 Jaramillo	7.19		
E28 Barú	7.13		
E33 Barú	7.13		
E26 Palmira	7.13		
E9 Palmira	7.13		
E8 Palmira	7.06		
E3 Palmira	7.00		
E3 Barú	7.00		
E27 Barú	7.00		
E7 Jaramillo	7.00		
E30 Palmira	6.88		
E18 Palmira	6.88		
E33 Palmira	6.88		
Catuai Palmira	6.88		
E11 Palmira	6.88		
E29 Palmira	6.88		
E24 Palmira	6.75		
E15 Palmira	6.56		

Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($\alpha = 0.05$)

Anexo 14. Medidas de ajuste del modelo la evaluación de atributo de Acidez

N	AIC	BIC	loglink	Sigma	R2 0
240	292.56	487.33	-85.28	0.31	0.64

AIC y BIC menores implica mejor

Anexo 15. Pruebas de hipótesis marginales

	numDF	F-valor	p-valor
(Intercept)	1	143002.61	<0.0001
Variedad_Región	59	5.46	<0.0001

Anexo 16. Comparación de medias para las evaluaciones del atributo de Acidez, usando la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0.05$)

Variedad_Región	Media	Variedad_Región	Media
Geisha Barú	8.63	A	
E12 Jaramillo	8.31	AB	
Geisha Jaramillo	8.25	ABC	
E5 Jaramillo	8.13	BCD	
E6 Jaramillo	8.06	BCDE	
E15 Palmira	8.00	BCDEF	
E4 Jaramillo	8.00	BCDEF	
E6 Jaramillo	8.00	BCDEF	
E5 Palmira	8.00	BCDEF	
E26 Barú	7.88	CDEFG	
E1 Jaramillo	7.88	CDEFG	
E2 Jaramillo	7.88	CDEFG	
E4 Palmira	7.88	CDEFG	
E23 Barú	7.81	DEFGH	
E8 Jaramillo	7.81	DEFGH	
E29 Jaramillo	7.75	DEFGHI	
E37 Jaramillo	7.75	DEFGHI	
E6 Barú	7.69	EFGHIJ	
E16 Jaramillo	7.63	FGHIJK	
E2 Barú	7.63	FGHIJK	
E30 Barú	7.63	FGHIJK	
E31 Palmira	7.63	FGHIJK	
E12 Palmira	7.63	EFGHIJ	
E11 Palmira	7.56	GHIJKL	
E26 Jaramillo	7.50	GHIJKLM	
E10 Jaramillo	7.50	GHIJKLM	
E28 Barú	7.50	GHIJKLM	
E9 Jaramillo	7.50	GHIJKLM	
E16 Palmira	7.50	GHIJKLM	
E30 Jaramillo	7.44	HIJKLMN	
E9 Palmira	7.44		
E31 Jaramillo	7.44		
E23 Jaramillo	7.44		
E29 Barú	7.44		
E3 Palmira	7.38		
E10 Palmira	7.38		
E37 Palmira	7.38		
E1 Barú	7.38		
E26 Palmira	7.38		
E26 Barú	7.38		
E7 Jaramillo	7.38		
E18 Jaramillo	7.31		
E24 Jaramillo	7.31		
E15 Palmira	7.25		
E24 Palmira	7.25		
E27 Barú	7.25		
E31 Barú	7.25		
E29 Palmira	7.25		
E3 Jaramillo	7.25		
E7 Palmira	7.19		
E3 Barú	7.19		
E27 Palmira	7.13		
E11 Palmira	7.13		
E33 Palmira	7.13		
E8 Palmira	7.13		
Catuai Palmira	7.06		
E33 Jaramillo	7.00		
E33 Barú	7.00		
E30 Palmira	7.00		
E18 Palmira	7.00		

Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($\alpha = 0.05$)

Anexo 17. Medidas de ajuste del modelo la evaluación de atributo de Cuerpo

N	AIC	BIC	loglink	Sigma	R2 0
240	267.21	461.98	-72.60	0.29	0.65

AIC y BIC menores implica mejor

Anexo 18. Pruebas de hipótesis marginales

	numDF	F-valor	p-valor
(Intercept)	1	163179.88	<0.0001
Variedad_Región	59	5.56	<0.0001

Anexo 19. Comparación de medias para las evaluaciones del atributo de Cuerpo, usando la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0.05$)

Variedad_Región	Media		Variedad_Región	Media	
Geisha Barú	8.62	A	E37 Palmira	7.38	GHIJKL
Geisha Jaramillo	8.37	AB	E27 Palmira	7.38	GHIJKL
E12 Jaramillo	8.06	BC	E8 Palmira	7.38	GHIJKL
E5 Jaramillo	8.00	BCD	E3 Jaramillo	7.38	GHIJKL
E5 Palmira	8.00	BCD	E26 Jaramillo	7.38	GHIJKL
E1 Jaramillo	7.94	CD	E4 Palmira	7.38	GHIJKL
E37 Jaramillo	7.88	CDE	E11 Jaramillo	7.38	GHIJKL
E29 Jaramillo	7.88	CDE	E31 Palmira	7.38	GHIJKL
E15 Jaramillo	7.88	CDE	E7 Jaramillo	7.38	GHIJKL
E6 Palmira	7.88	CDE	E9 Jaramillo	7.38	GHIJKL
E4 Jaramillo	7.88	CDE	E29 Barú	7.38	GHIJKL
E2 Jaramillo	7.88	CDE	E2 Barú	7.31	HIJKL
E4 Barú	7.81	CDEF	E18 Palmira	7.25	IJKL
E6 Jaramillo	7.75	CDEFG	E30 Jaramillo	7.25	IJKL
E8 Jaramillo	7.75	CDEFG	E26 Barú	7.25	IJKL
E16 Jaramillo	7.75	CDEFG	E28 Barú	7.25	IJKL
E6 Barú	7.69	CDEFGH	E29 Palmira	7.25	IJKL
E30 Barú	7.63	DEFGHI	E3 Barú	7.25	IJKL
E31 Barú	7.63	DEFGHI	E33 Jaramillo	7.25	IJKL
E10 Jaramillo	7.50	EFGHIJ	E11 Palmira	7.19	JKL
E12 Palmira	7.50	EFGHIJ	E3 Palmira	7.13	JKL
E16 Palmira	7.50	EFGHIJ	E24 Jaramillo	7.13	JKL
E7 Palmira	7.50	EFGHIJ	E33 Palmira	7.13	JKL
E10 Palmira	7.50	EFGHIJ	E27 Barú	7.13	JKL
E26 Barú	7.50	EFGHIJ	E18 Jaramillo	7.13	JKL
E1 Barú	7.50	EFGHIJ	E24 Palmira	7.12	JKL
E23 Barú	7.50	EFGHIJ	E15 Palmira	7.06	KL
E31 Jaramillo	7.50	EFGHIJ	Catuai Palmira	7.00	L
E9 Palmira	7.44	FGHIJK	E30 Palmira	7.00	L
E23 Jaramillo	7.38	GHIJKL	E33 Barú	7.00	L

Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($\alpha = 0.05$)

Anexo 20. Medidas de ajuste del modelo para granos triángulos y monstruos

N	AIC	BIC	loglink	Sigma	R2 0
135	455.78	533.29	-198.89	1.25	0.62

AIC y BIC menores implica mejor

Anexo 21. Pruebas de hipótesis marginales

	numDF	F-valor	p-valor
(Intercept)	1	472.84	<0.0001
Variedad	25	4.79	<0.0001
Región	2	30.66	<0.0001

Anexo 22. Comparación de medias para el grupo de granos triángulos y monstruos, usando la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0.05$)

Variedad	Media		Variedad	Media	
E7	7.01	A	E23	2.48	CDE
E31	6.14	A	E16	2.46	CDE
E9	4.20	B	E29	2.30	CDE
E18	3.98	BC	E37	2.07	CDE
E8	3.84	BC	E4	1.99	CDE
E6	3.76	DC	Catuai	1.96	CDE
E5	3.44	BCD	E24	1.96	CDE
E33	3.27	BCD	E30	1.88	DE
Geisha	2.93	BCD	E11	1.74	DE
E10	2.84	BCDE	E27	1.71	DE
E26	2.80	BCDE	E3	1.35	E
E12	2.68	BCDE	E1	1.30	E
E2	2.50	BCDE	E15	1.17	E

Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($\alpha = 0.05$)

Anexo 23. Medidas de ajuste del modelo para los granos caracol

N	AIC	BIC	loglink	Sigma	R2 0
135	612.13	689.64	277.06	2.60	0.71

AIC y BIC menores implica mejor

Anexo 24. Pruebas de hipótesis marginales

	numDF	F-valor	p-valor
(Intercept)	1	858.46	<0.0001
Variedad	25	3.72	<0.0001
Región	2	51.46	<0.0001

Anexo 25. Comparación de medias para los granos caracol, usando la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0.05$)

Variedad	Media		Variedad	Media	
Geisha	13.05	A	E18	6.57	CDE
E4	12.55	A	E29	6.47	CDE
E6	11.41	A	E9	6.02	CDE
E23	10.30	AB	E3	5.87	CDE
E31	9.76	ABC	E10	5.75	CDE
E7	9.59	ABC	E24	5.71	CDE
E26	8.84	BC	E11	5.50	CDE
E16	7.92	BCD	Catuai	4.32	DE
E12	7.76	BCD	E8	3.94	E
E30	7.74	BCD	E5	3.85	E
E33	7.67	BCD	E37	3.52	E
E2	7.13	BCDE	E15	3.34	E
E1	6.58	CDE	E27	3.30	E

Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($\alpha = 0.05$)

Anexo 26. Medidas de ajuste del modelo para el grupo de tamiz T12-T13

N	AIC	BIC	loglink	Sigma	R2 0
135	509.72	618.31	-225.86	1.61	0.57

AIC y BIC menores implica mejor

Anexo 27. Pruebas de hipótesis marginales

	numDF	F-valor	p-valor
(Intercept)	1	2118.85	<0.0001
Variedad	25	5.14	<0.0001
Región	2	3.81	0.0253

Anexo 28. Comparación de medias para los granos del grupo de tamiz T12-T13, usando la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0.05$)

<i>Variedad</i>	<i>Media</i>		<i>Variedad</i>	<i>Media</i>	
E4	5.54	A	E15	2.35	BCDEF
E1	5.36	A	E12	2.20	BCDEF
E33	5.33	A	E10	2.19	BCDEF
E2	4.61	AB	Catuai	2.19	BCDEF
E11	4.01	AB	E24	2.10	BCDEF
E8	3.89	ABC	E16	1.91	CDEF
E31	3.49	ABCD	E23	1.70	DEF
E18	2.85	BCDE	Geisha	1.20	DEF
E7	2.87	BCDE	E37	0.97	DEF
E3	2.48	BCDE	E6	0.92	EF
E30	2.45	BCDE	E26	0.58	EF
E9	2.37	BCDE	E27	0.46	EF
E29	2.37	BCDE	E5	0.13	EF

Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($\alpha = 0.05$)

Anexo 29. Medidas de ajuste del modelo para el grupo de granos tamaño tamiz T14-T15

N	AIC	BIC	loglink	Sigma	R2 0
135	754.48	831.99	-348.24	5.05	0.89

AIC y BIC menores implica mejor

Anexo 30. Pruebas de hipótesis marginales

	numDF	F-valor	p-valor
(Intercept)	1	65532.85	<0.0001
Variedad	43	73.37	<0.0001
Región	2	8.93	0.0003

Anexo 31. Comparación de medias para el grupo de granos tamaño tamiz T14-T15, usando la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0.05$)

Variedad	Media		Variedad	Media	
E2	62.57	A	E9	16.61	FGH
E15	55.75	A	E6	15.37	HIJ
E1	43.33	B	Geisha	15.33	HIJ
E27	36.83	BC	E12	14.91	HIJK
E18	34.33	CD	E24	11.41	IJKL
E33	29.47	DE	E23	9.09	JKL
E11	23.59	EF	Catuai	8.76	JKLM
E4	23.48	EF	E26	8.75	KLM
E30	22.97	EF	E29	8.54	KLM
E31	22.47	EFG	E8	8.00	KLM
E3	20.47	FGH	E37	7.67	LM
E7	19.61	FGH	E10	7.64	LM
E16	19.41	FGH	E5	3.39	M

Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($\alpha = 0.05$)

Anexo 32. Medidas de ajuste del modelo para el grupo de granos tamaño tamiz T16-T17

N	AIC	BIC	loglink	Sigma	R2 0
135	811.97	889.49	-376.99	6.61	0.79

AIC y BIC menores implica mejor

Anexo 33. Pruebas de hipótesis marginales

	numDF	F-valor	p-valor
(Intercept)	1	5297.84	<0.0001
Variedad	25	10.78	<0.0001
Región	2	50.97	0.0001

Anexo 34. Comparación de medias para los granos del grupo de tamiz T15-T17, usando la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0.05$)

Variedad	Media		Variedad	Media	
E37	71.84	A	E4	52.95	DE
E10	67.34	AB	E12	52.94	DE
E3	66.90	AB	E29	52.80	DE
E11	65.91	AB	E7	52.74	DE
Catuai	63.49	ABC	E31	51.48	DEF
E9	62.18	BC	Geisha	49.33	EF
E33	60.13	BCD	E1	49.28	EF
E27	59.89	BCDE	E8	49.28	EF
E16	59.75	BCDE	E6	43.21	FG
E24	57.42	BCDE	E23	38.33	GH
E30	57.42	CDE	E15	36.04	GH
E26	54.71	CDE	E5	35.78	H
E18	53.96	CDE	E2	30.29	H

Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($\alpha = 0.05$)

Anexo 35. Medidas de ajuste del modelo para el grupo de tamiz T18-19

N	AIC	BIC	loglink	Sigma	R2 0
135	856.87	939.44	-399.44	8.16	0.83

AIC y BIC menores implica mejor

Anexo 36. Pruebas de hipótesis marginales

	numDF	F-valor	p-valor
(Intercept)	1	6909.76	<0.0001
Variedad	25	82.16	<0.0001
Región	2	13.70	<0.0001

Anexo 37. Comparación de medias para el grupo de tamiz T18-19, usando la prueba LSD Fisher

($\alpha = 0.05$)

E5	60.70	A	E37	19.56	GHIJ
E23	50.89	B	E9	19.37	HIJ
E6	40.50	C	E16	18.94	HIJ
E8	38.84	CD	E4	18.06	IJ
E29	36.30	CDE	E30	17.16	IJK
E26	35.96	CDE	E3	10.12	JKL
Geisha	34.14	CDEF	E18	8.86	JKL
E12	29.96	DEFG	E11	6.49	KL
E24	29.00	DEFGH	E15	5.86	KL
Catuai	25.56	EFGHI	E33	5.07	L
E7	24.81	FGHI	E27	2.82	L
E10	22.83	FGHI	E2	2.52	L
E31	22.56	GHI	E1	2.03	L

Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($\alpha = 0.05$)

Anexo 38. Medidas de ajuste del modelo de incidencia de roya

N	AIC	BIC	loglink	Sigma	R2 0
400	-429.93	-316.28	243.96	0.11	0.79

AIC y BIC menores implica mejor

Anexo 39. Pruebas de hipótesis marginales

	numDF	F-valor	p-valor
(Intercept)	1	3642.05	<0.0001
Variedad	43	51.02	<0.0001
Meses	3	62.56	<0.0001

Anexo 40. Comparación de medias para la incidencia de roya (H. vatratrix), usando la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0.05$)

Variedad	Medias		Variedad	Medias	
E7	0.70	A	E37	0.28	HI
E10	0.68	AB	E23	0.26	HI
E9	0.60	ABC	E1	0.23	HI
Catuai	0.57	BCD	E4	0.22	HI
E2	0.55	CD	E29	0.21	HIJ
E6	0.52	CDE	E3	0.18	IJK
E26	0.52	CDEF	E27	0.11	JK
E5	0.50	CDEF	E15	0.11	JK
E8	0.46	DEF	E16	0.10	K
E12	0.43	EF	E31	0.09	K
E30	0.41	FG	E18	0.08	K
E24	0.31	GH	E33	0.08	K
E11	0.30	GH			

Letras diferentes indican diferencias significativas ($\alpha = 0.05$)

Anexo 41. Medidas de ajuste del modelo para la incidencia de ojo de gallo en la región de Palmira

N	AIC	BIC	loglink	Sigma	R2 0
96	-50.59	6.33	50.30	0.10	0.89

AIC y BIC menores implica mejor

Anexo 42. Pruebas de hipótesis marginales

	numDF	F-valor	p-valor
(Intercept)	1	990.06	<0.0001
Variedad	23	25.48	<0.0001

Anexo 43. Comparación de medias para la incidencia de ojo de gallo (M. citrcolor) en la región de Palmira, usando la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0.05$)

Variedad	Medias		Variedad	Medias	
E27	0.73	A	E8	0.22	FG
E33	0.72	AB	E15	0.18	FG
E12	0.63	AB	E18	0.17	FGH
E37	0.62	AB	E3	0.13	FGH
Catuai	0.61	AB	E16	0.12	GHI
E29	0.58	BC	E23	0.10	GHI
E30	0.47	CD	E6	0.08	GHI
E24	0.44	D	E7	0.07	HI
E26	0.42	D	E9	0.07	HI
E11	0.42	DE	E1	0.05	HI
E4	0.29	EF	E10	0.03	I
E5	0.23	FG	E2	0.01	I

Letras diferentes indican diferencias significativas ($\alpha = 0.05$)

Anexo 44. Medidas de ajuste del modelo para la incidencia de ojo de gallo en la región de Barú

N	AIC	BIC	loglink	Sigma	R2 0
80	-68.09	24.11	55.05	0.08	0.89

AIC y BIC menores implica mejor

Anexo 45. Pruebas de hipótesis marginales

	numDF	F-valor	p-valor
(Intercept)	1	718.60	<0.0001
Variedad	19	25.98	<0.0001

Anexo 46. Comparación de medias para la incidencia de ojo de gallo (M. citrcolor)en la región de Barú, usando la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0.05$)

Variedad	Medias		Variedad	Medias	
E33	0.69	A	E4	0.16	FGHI
E29	0.66	A	E23	0.15	FGHIJ
E27	0.43	B	E3	0.10	GHIJK
E26	0.41	BC	E12	0.09	GHIJK
E15	0.35	BCD	E6	0.09	GHIJK
E30	0.31	CDE	E5	0.07	HIJK
E37	0.29	DE	E24	0.06	IJK
Geisha	0.22	EF	E16	0.05	JK
E9	0.20	EFG	E18	0.05	JK
E2	0.18	FGH	E1	0.03	K

Letras diferentes indican diferencias significativas ($\alpha = 0.05$)

Anexo 47. Medidas de ajuste del modelo para la incidencia de ojo de gallo en la región de Jaramillo

N	AIC	BIC	loglink	Sigma	R2 0
96	-182.04	-125.13	116.02	0.04	0.79

AIC y BIC menores implica mejor

Anexo 48. Pruebas de hipótesis marginales

	numDF	F-valor	p-valor
(Intercept)	1	488.18	<0.0001
Variedad	23	11.82	<0.0001

Anexo 49. Comparación de medias para la incidencia de ojo de gallo (M. citrcolor) en la región de Jaramillo, usando la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0.05$)

Variedad	Medias		Variedad	Medias	
E1	0.31	A	E6	0.06	FGHIJ
E3	0.21	B	E4	0.06	FGHIJ
E23	0.17	BC	E8	0.06	GHIJ
E2	0.12	CD	E33	0.05	GHIJ
E5	0.12	CDE	E24	0.05	HIJ
E37	0.11	DEF	E15	0.05	HIJ
Geisha	0.11	DEFG	E10	0.04	IJ
E27	0.08	DFFGH	E12	0.04	IJ
E7	0.08	DEFGHI	E26	0.04	IJ
E29	0.07	DEFGHIJ	E18	0.02	IJ
E9	0.07	DEFGHIJ	E16	0.02	IJ
E30	0.07	EFGHIJ	E11	0.01	J

Letras diferentes indican diferencias significativas ($\alpha = 0.05$)